

UNIVERSIDAD DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS



TESIS DOCTORAL

**Estudio químico de suelos naturales y agrícolas gallegos y
de las relaciones entre su contenido y nutrientes**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Benito Sánchez Rodríguez

Madrid, 2015

T1

577.1

SN

624705540
736747724

**ESTUDIO QUIMICO DE SUELOS NATURALES Y AGRICOLAS
GALLEGOS Y DE LAS RELACIONES ENTRE SU CONTENIDO
EN NUTRIENTES**

por

BENITO SANCHEZ RODRIGUEZ

**MEMORIA presentada para
aspirar al Grado de Doctor
en Ciencias Químicas por
la Universidad de Madrid.**

1962.

El presente trabajo ha sido
realizado bajo la Dirección del Prof.
Dr. D. Enrique Gutierrez Rios.

Expresamos nuestro reconocimiento al Patronato "Alonso de Herrera" del C.S.I.C. por la beca concedida que me ha permitido realizar el presente estudio en la Sección de Química Agrícola de la Misión Biológica de Galicia. Agradecemos al jefe de esta Sección Dr. R. Dios Vidal su ayuda y estímulo, a mis compañeros M^{rs}. Ameigeiras, G. Dios y A. García-Sánchez la colaboración que en todo momento nos han prestado, a los Directores de la Misión Biológica D. Cruz Ballástegui (q.e.p.d.) y D. Justo Domínguez su apoyo y consejo y al Prof. Vieitez Cortizo su orientación en materias de su especialidad.

Queremos hacer constar de un modo especial nuestra gratitud al Prof. Dr. D. Enrique Gutiérrez Ríos bajo cuya dirección se ha realizado este trabajo.

I N D I C E

	pag.
INTRODUCCION	1
Consideraciones sobre los elementos estudiados	5
Datos geográficos	20
Datos geológicos	22
Datos metereológicos	24
PARTE EXPERIMENTAL	
Descripción de las muestras	36
Métodos analíticos	56
Tablas de resultados analíticos	63
ESTUDIO ESTADISTICO Y DISCUSION	
a) acidez	79
b) materia orgánica	87
c) nitrógeno	93
d) fósforo	107
e) potasio	118
f) calcio	129
g) magnesio	142
h) manganeso	150
i) hierro	163
j) aluminio	168
ESTUDIO DE LAS RELACIONES LADERA - VALLE . .	180
CONCLUSIONES	202
BIBLIOGRAFIA.	207

INTRODUCCION

El suelo, esa compleja asociación de vida y materiales inertes, de orígenes diversos, puede ser estudiado bajo diferentes puntos de vista según los fines que se persigan. Se busca, unas veces, el conocimiento de los suelos en sí mismos, su origen, evolución, constitución y propiedades; otras, interesan los factores que pueden tener influencia en el desarrollo del mundo orgánico presente en ellos. La importancia de sus características y mantenimiento ha inspirado a químicos, biólogos, físicos y geólogos a combinar sus esfuerzos para estudiar los suelos en un intento de determinar numerosas variables que deben tenerse en cuenta y así poder utilizarlos con la máxima eficiencia.

Siendo una de sus funciones mas importantes la de ser fuente de alimentación primaria de los seres vivos - directa de las plantas e indirecta de los animales - el contenido en elementos químicos, en estado asimilable para aquellas, es uno de los aspectos de mayor interés agrícola y es el objeto del presente estudio.

Son los suelos complicadas formaciones en evolución constante, en donde seres vivos, micro y macroscópicos, y condiciones ambientales cambian continuamente los valores de sus constituyentes, a través del tiempo, dando lugar a formaciones naturales o vírgenes, de características afines, en los cuales la intervención humana ha sido nula o mínima. Pero existen también otros, los agrícolas o cultivados, que han experimentado grandes transformaciones por intervención del hombre, alteraciones que atentan o anulan, en algunos casos, cualquier relación que pudiera establecerse entre zonas limítrofes.

Son frecuentes en la bibliografía estudios de las propiedades físicas y químicas de los suelos sin discriminación entre cultivados y vírgenes (2, 31, 54, 66, 121), o estableciendo dicha separación (4, 8, 89). Son menos frecuentes, sin embargo, estudios de los naturales y agrícolas conjuntamente, bajo su aspecto nutricional, en los que, generalmente, las conclusiones a que llegan los investigadores son muy similares a las dadas por MacCollum.

y Macfabe (88), " las propiedades químicas de los sue
los cultivados son drásticamente cambiadas por el cultivo
vo ". Se puede encontrar en dichos trabajos como la ma-
teria orgánica tiende a disminuir con las prácticas agrí-
colas (51,73), de que modo puede aumentarse el contenido
en fósforo cuando se trata de zonas en las que se utili-
zan abonos fosfatados (17,32), la influencia de las con-
diciones del cultivo sobre el equilibrio de las formas
de p otasio (102), o la manera como en la zona de suelos
ácidos las prácticas agrícolas tienden a aumentar el con-
tenido en calcio (53), etc. Pero no hemos encontrado en
la bibliografía consultada ningún estudio sobre las posi-
bles relaciones entre el contenido en nutrientes de los
suelos naturales y los cultivados vecinos.

Dadas las condiciones orográficas de la mayor parte
de Galicia, formada por sucesiones continuas de montañas
de no gran elevación, con bastante pendiente, y valles
cultivados de pequeña superficie y teniendo en cuenta la
gran uniformidad en varios de los factores formadores
del suelo - nos hemos limitado en nuestro estudio a una
zona en la que son sensiblemente constantes clima y ro-
ca madre - se puede pensar en la posibilidad de estrechas
relaciones entre los suelos naturales que se han formado
en las laderas de los suaves y no muy elevados montes y
los agrícolas desarrollados en los valles. La erosión y

el intenso lavado arrastrarán componentes de aquellos a estos, existiendo, por tanto, una aportación continua de los naturales a los cultivados.

Indudablemente los suelos agrícolas fueron y son modificados por el agricultor y estas alteraciones pudieran frustrar las relaciones matemáticas entre ambos grupos de suelos, en cuanto a su contenido en alguno de los nutrientes que estudiamos, pero poseemos datos científicos desde hace más de un siglo acerca de las condiciones de cultivo y por ello sabemos que, en la zona elegida, dado el desarrollo que en ella alcanzó la agricultura, las modificaciones humanas consisten en enca-lados irregulares, la adición muy esporádica de super-fosfatos, en los últimos años solamente, y la persisten-te y continuada aportación de estiércol, de vacuno gene-ralmente, al que en la costa se añade, también, mate-riales procedentes del mar.

Por otra parte, la existencia de fincas, en la mis-ma comarca que se estudia, en las que se practican labo-res más racionales, que indudablemente modificarán en un mayor grado los contenidos en nutrientes y sus propieda-des, permite estudiar la evolución de los suelos culti-vados para un mejor aprovechamiento de los mismos con fines agrícolas.

Consideraciones sobre los elementos estudiados

Para nuestro estudio hemos determinado en cada suelo agrícola - en su capa arable - y en cada uno de los horizontes de los perfiles de los suelos naturales, su acidez y el contenido en los elementos químicos, en forma útil para las plantas.

La acidez, que en su forma "actual" mediremos como pH, es, sin duda, uno de los factores de más valor edáfico y agrícola y que determina muchas de sus propiedades. No podemos esperar, dadas las variables extrínsecas a que están sometidos los suelos de la zona, más que la existencia de tierras ácidas, cuya acidez será tanto menor cuanto más hayan sido modificados por las labores y prácticas agrícolas (52). Es indudable que al estar cercano el litoral o constituir el mismo litoral los valles cuyos suelos estudiamos, existirá influencia marina, bien directa por aportes edáficos de la espuma de las olas, o humana por adición de excedentes y restos procedentes de especies marinas, muchas de ellas con caparazones calizos (16). Estudiamos el pH y la posible influencia del mismo en el contenido en nutrientes, señalando en los naturales la variación que experimenta con la profundidad.

Un suelo comienza a formarse cuando entre los materiales erosionados procedentes de las rocas que forman el "substratum" aparece la vida productora de materia orgánica. Esta se va acumulando progresivamente gracias a los residuos que provienen de vegetales inferiores, y posteriormente de plantas, hasta alcanzar un estado de equilibrio entre las velocidades de formación y de descomposición, condicionado por el clima.

La diferencia fundamental, por tanto, entre el suelo y su roca madre consiste en que aquél contiene sustancias orgánicas entre sus componentes minerales. Constituye esta materia orgánica la fuente de energía de los niveles inferiores de vida en el suelo, organismos de cuya existencia depende su ciclo vital.

Los restos vegetales de toda clase, hojas, ramas muertas, raíces, etc., que constituyen la fuente esencial de la materia orgánica del suelo, son más o menos rápidamente descompuestas por la actividad biológica y de ese modo la materia orgánica fresca es así poco a poco transformada, dando origen por una parte a compuestos minerales solubles o gaseosos tales como NH_3 , HNO_3 , CO_2 , en procesos llamados de mineralización, y por otra parte formando complejos coloidales - complejos húmicos, humus - que son relativamente estables y resisten a la acción microbiana, en los procesos de humificación. Es

tos compuestos húmicos también se mineralizan, pero mucho mas lenta y progresivamente que la materia orgánica fresca. Todo factor que modifique la actividad biológica en uno u otro sentido, provoca la aceleración o la paralización del ciclo biológico de la materia orgánica y hace evolucionar la humificación en una dirección dada.

Los factores que en este aspecto estudiamos incluyen el contenido en materia orgánica, su evolución en los suelos agrícolas, la variación con la profundidad en los naturales y sus relaciones mas interesantes.

La mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra en forma de compuestos orgánicos ligados más o menos íntimamente a los compuestos húmicos en distintas formas - compuestos proteínicos, algunos de origen microbiano (81), ácidos nucleicos (22), aminoácidos libres (99), amino-azúcares (23), o azúcares aminados mucopolisacáridos (25) - y en cuya identificación se viene trabajando desde hace algún tiempo. Se creía que las cantidades relativas de nitrógeno orgánico eran muy superiores a las de otras formas minerales - nítricas y amónicas - cuyo contenido en el suelo depende de factores diversos. Pero aunque es poco el nitrógeno mineral de los suelos se sabe que la mayor parte de éstos son capaces de fijar el ión NH_4^+ (56), fijación que aumenta

con la profundidad (118), que la materia orgánica puede influir favorablemente en la fijación del amonio (115) y que la misma destrucción de aquella puede dar origen a este catión que a su vez puede ser fijado (49).

El nitrógeno total varía en mucha menor proporción en el suelo y si se utiliza un método que determine el nitrógeno orgánico y el amoniacal conjuntamente, tendremos un valor que se puede considerar como una constante característica de él.

Este nitrógeno total que nos medirá la potencialidad del suelo para nutrir a las plantas en este elemento, es el que utilizamos en este estudio, en el que se expondrá como varía con la profundidad en los suelos naturales y las relaciones y cambios que experimenta en los cultivados.

Dada la estrecha relación existente entre el carbono y el nitrógeno total, el cociente entre estos dos valores, razón C/N, nos indicará el sentido de las alteraciones que experimenta la materia orgánica y está considerada como una de las variables edáficas más interesantes. Aunque las sustancias que componen la materia orgánica presentan valores de esta razón muy variables (24), en los suelos agrícolas oscila mucho menos y en la zona templada tiene tendencia a un valor constante. Los suelos naturales presentan, generalmente, valores

más elevados que los agrícolas, aún en aquellos en los que se ha incrementado el contenido del carbono y del nitrógeno por aportes artificiales (57). Generalmente la relación C/N disminuye con la profundidad, aunque puede no ocurrir así (57,127). Las variaciones de esta razón se incluyen en este estudio.

Los autores distinguen diferentes formas de fósforo por sus componentes y propiedades (69,129). En la solución del suelo se encuentran bajo la forma de H_2PO_4^- y de HPO_4^{2-} , dominando la primera a pH bajo y la segunda a pH alto, pero a causa de la fuerte adsorción que experimentan estos aniones las cantidades son muy pequeñas, y muy raramente exceden de 2mg/litro. Sin embargo, parece ser que estas cantidades, aunque muy pequeñas son características de cada uno y no varían apreciablemente si no se efectúan alteraciones violentas, como aporte de cantidades elevadas de fósforo. Existe, al parecer, un cambio permanente entre los iones retenidos por los coloides del suelo y el PO_4^{3-} en solución. Este cambio caracteriza una forma de fósforo "autodifusible", que conduce a un estado de equilibrio entre el elemento absorbido y el soluble. Pero una parte del fósforo no participa en estos cambios cinéticos, es la llamada fracción fijada, por los coloides del suelo, fijación que puede tener

lugar en el interior de las estructuras cristalinas, y que se hace irreversible algunas veces, pero que, sin embargo, muchas otras es susceptible de pasar de nuevo a formas autodifusibles o de cambio, en determinadas condiciones (12). Se ha encontrado en algunos casos gran correlación entre el fósforo total y el fácilmente soluble (5).

Otra forma muy importante que alcanza porcentajes muy elevados del total, en muchos suelos, es el que entra en la constitución de los compuestos orgánicos - nucleoproteínas, lecitinas, fitina, etc., (62,70,126,127). Este fósforo que, encerrado en la molécula orgánica, no es útil para la planta, es susceptible de mineralizarse como el nitrógeno, formando compuestos aptos para ser absorbidos por las plantas (39,123).

Por lo tanto el fósforo total no es un índice adecuado para conocer las condiciones de nutrición, así como por su pequeña cantidad y proporción tampoco lo es el soluble en la solución del suelo, por cuyas razones utilizaremos como tal el fósforo fácilmente soluble, del cual estudiamos sus variaciones y evolución.

El p-otasio se presenta en diversas formas, en estado catiónico, que frecuentemente se definen de acuerdo con el procedimiento de valoración o extracción. Así, se habla de las formas de potasio natural no cambiante,

fijado, estructural, de cambio, soluble, etc., siendo muy discutido cual de estas formas o categorías es la que realmente puede determinar la capacidad del suelo para proporcionar el potasio que necesitan las plantas (91). Se ha sugerido que las diferentes formas de potasio se encuentran en equilibrio entre sí y que la parte absorbida por las plantas es restituida al terreno por las otras formas.

La cantidad de potasio en la solución de suelos como los estudiados es pequeña, en condiciones normales, y el contenido debe ser inferior a los de calcio y magnesio. Junto al potasio soluble está fácilmente al alcance de las plantas la forma llamada de cambio, que interviene en los procesos de los coloides y que es difícil de definir y de determinar experimentalmente, puesto que no se puede distinguir del soluble y que parte de él no es extraído fácilmente por los reactivos usuales durante el tiempo en que se produce el contacto entre el suelo y el extractor (9,100). Pero, sobre todo, es importante hacer notar que existen factores como el agua y la cantidad de otros cationes de cambio que alteran la proporción en que en un mismo suelo pueden existir las dos fracciones fácilmente solubles del potasio. Sin embargo no se acepta definitivamente que estas formas indiquen el nutriente utilizable (100).

El que no pertenece a las dos fracciones indicadas es denominado, en general, no cambiable, a pesar de que en este grupo aún pueden distinguirse dos formas. Así, puede encontrarse unido intimamente formando las estructuras de ciertos minerales, o estar fijado solamente por otras ligaduras menos poderosas llegando a proporcionar - en determinadas condiciones, por cambios climáticos por ej. - potasio cambiable. El tipo de mica del suelo, lo mismo que la calidad y proporción de sus minerales de arcilla, son determinantes del comportamiento de las fracciones de potasio del mismo, siendo general que las cantidades totales sean muy elevadas (101).

El potasio de cambio constituye, por tanto, la reserva importante del fácilmente aprovechable y se puede considerar que el soluble existente en un suelo es generalmente del 1 al 5% del de cambio, por lo que nosotros determinaremos la fracción de potasio soluble en una solución tamponada de acetato sódico en ácido acético, con siderándola como el índice de la potencialidad de estos suelos para la nutrición potásica de las plantas. Estudiaremos la evolución de la misma en los perfiles de los suelos naturales y sus variaciones y relaciones en los agrícolas.

La importancia del calcio no reside solamente en

sus funciones nutritivas sino que es uno de los elementos de que dependen muchas de las propiedades de los suelos, e incluso determinante de agrupaciones ecológicas, dada la selectividad de muchas especies vegetales, que son incapaces de vivir en presencia de cantidades elevadas de calcio soluble unas, o en ausencia de grandes cantidades de este elemento, otras (1,45).

El calcio se encuentra en muchos de los minerales mas abundantes, incluso en los de arcilla, pero en forma que no puede ser utilizado inmediatamente por los vegetales (83). En los suelos ácidos de clima húmedo que no contienen carbonatos libres, ni sulfato cálcico (129), el calcio del complejo de cambio es no solo la fuente inmediata de este elemento para las plantas, sino que representa la mayor parte de la reserva total de este catión en el suelo (94).

Aunque las rocas igneas pueden dar lugar a suelos bastante ricos en él (13), no sucede esto normalmente cuando se asocia a la roca madre ácida un clima como el de la zona, por el excesivo lavado que tiene lugar, originandose cambios de bases a todo lo largo de los perfiles de los suelos, con pérdida de las menos retenibles o más solubles, como ocurre con el elemento en estudio. Albareña (1) señala que además de la gran proporción de suelos ácidos que engendran granito y gneis, las tierras

pardas oligotróficas sobre granito son tan pobres en bases como la roca original.

Determinamos la capacidad nutricional de estos suelos con respecto al calcio mediante la fracción de cambio, extraído según se indica mas adelante y estudiamos sus relaciones con otros nutrientes y su evolución, tanto en los suelos naturales como en los cultivados.

El magnesio es el último de los elementos macronutrientes estudiados en nuestro trabajo y su presencia en la molécula de la clorofila es la causa de su importancia en la nutrición de las plantas verdes.

Como la mayor parte de los elementos químicos se encuentra en el suelo en diversos compuestos - nunca libre, si no es al estado iónico - muchos de los cuales lo contienen en forma que no suele ser inmediatamente utilizable por las plantas.

En contraste con el calcio, solo una pequeña fracción del magnesio es de cambio. A causa de su pequeño radio iónico, los iones de este elemento entran, por medio de sustituciones isomorfas, en el interior de las estructuras cristalinas de los más importantes minerales del suelo, incluyendo los de arcilla, en los que sustituye facilmente al aluminio (41). Se comporta, pues, en la dinámica del suelo de un modo más parecido al po

tasio que al calcio (83,94). Pese a esto es, después del calcio, el catión de cambio ~~mas~~ abundante en la mayor parte de los suelos (13,122).

Utilizaremos el contenido de magnesio de cambio como índice del estado de nutrición de los suelos para este elemento.

El manganeso se puede encontrar en tres estados de oxidación, como iones di, tri y tetra-valentes. De estas tres formas se considera como útil para las plantas la divalente o reducida, aunque se está estudiando la posibilidad de que los otros dos ^Aestados del manganeso pueden ser utilizados por los vegetales (119).

Las cantidades de este micronutriente en la solución del suelo son variables, aunque generalmente muy pequeñas. En cuanto a la otra forma, que juntamente con el soluble determinan el utilizable por las plantas, tanbién es muy variable y su valor tampoco suele ser grande. La parte mas importante corresponde al no cambiante, que suele encontrarse ^{mas} abundante en la superficie de los suelos, en las zonas húmedas, dado que el reducido que se puede formar es lavado generalmente.

Al parecer, las formas hidratadas de los óxidos superiores son las más activas y participan en un equilibrio de oxidación-reducción con el ~~man~~-ganeso de cam-

bio, equilibrio que depende de las características del suelo - principalmente su potencial de oxidación-reducción - e indirectamente de las causas que puedan alterar este último.

Aunque el secado de las muestras al aire puede alterar el estado del manganeso (97), se considera que la cantidad extraída con acetato amónico normal neutro, en suelos secados al aire, representa el contenido de manganeso divalente o de cambio en la muestra y que debe guardar una cierta relación con el pH del mismo (94).

Utilizaremos para nuestros cálculos el manganeso extraído con dicha solución de acetato amónico, según se indicará mas adelante y se estudiará su influencia sobre otros nutrientes.

El hierro tiene, desde el punto de vista biológico una importancia apenas menor que la del calcio y se encuentra en los suelos en las formas divalentes y trivalentes. La forma reducida es la que está presente en el complejo de cambio, mientras que las formas oxidadas - que pueden estar también como iones mono y divalentes, $\text{Fe}(\text{OH})^{++}$ y $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ en formas complejas hidratadas - son absorbidos más fuertemente por los coloides, formando también complejos con los ácidos húmicos. El hierro no cambiante se encuentra formando parte de minerales

primarios, como biotita, olivino, etc., o de minerales secundarios de arcilla como illita, nontronita, etc., y las formas hidratadas constituyen la fuente del hierro activo (94,129).

Al igual que el man-ganoso, el equilibrio entre las formas oxidada y reducida depende de los factores del suelo que influyen en el potencial de oxi-reduccion del mismo, desempeñando los microorganismos un importante papel en el metabolismo del hierro (98,103).

Existen diversos factores que influyen poderosamente en la extracción y determinación del hierro de cambio, por la inestabilidad de los iones ferrosos. Dado que nuestro propósito es la comparación, entre sí, de suelos, hemos determinado y estudiado los resultados del hierro extraído, en muestras secas al aire, con acetato amónico normal, por considerar que los cambios que se produzcan serán similares para todos ellos, puesto que sus características son muy parecidas.

Otro de los elementos objeto de nuestro estudio es el aluminio. No se le considera como un nutriente fundamental (120) aunque varios investigadores indican, sin embargo, que es necesario en la nutrición de determinadas especies vegetales (14,119). Lo que es indudable es su toxicidad, cuando existe exceso, y dado que este hecho

tiene lugar en los suelos ácidos creemos interesante estudiar el comportamiento de estos suelos en relación con este elemento. No participa, como el manganeso y el hierro, en los procesos de oxidación-reducción, puesto que solamente se presenta como ión trivalente, el cual cuando se forma el óxido es insoluble, pero puede existir en estados intermedios, formando complejos pseudo-solubles hidratados, de valencias variables, como $\text{Al}(\text{OH})^{++}$ o $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ (18,94). Es constituyente de muchos de los silicatos, formando parte de las estructuras cristalinas en forma insoluble. Sin embargo, su toxicidad señala la presencia de una cierta cantidad de aluminio soluble, que interviene en las reacciones del complejo de cambio del suelo.

Para nuestros cálculos utilizaremos el soluble en acetato amónico normal, estudiando sus relaciones con otros nutrientes.

El objeto del presente trabajo es, pues, el de encontrar las relaciones que existen entre suelos naturales de ladera y suelos cultivados de valle en su contenido en nutrientes, haciendo un análisis estadístico de los valores hallados para los elementos carbono, nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, magnesio, manganeso, hierro y aluminio y para el pH.

Para ello realizamos un estudio de suelos naturales - la mayor parte de ladera - y de suelos agrícolas de una zona en la que son sensiblemente iguales clima y roca madre. En los naturales estudiamos, a su vez, la evolución de los nutrientes con la profundidad y las relaciones entre los suelos de ladera de la zona. Por otra parte, en los agrícolas se señalan las modificaciones que puede producir un cultivo mas adecuado que el tradicional, al comparar las muestras tomadas al azar en la zona - en las que se buscan las relaciones con los suelos de ladera - con un total formado por ellas y otras tomadas en suelos de tratamientos agrícolas más racionales.

D A T O S

GEOGRAFICOS - GEOLOGICOS - CLIMATOLOGICOS

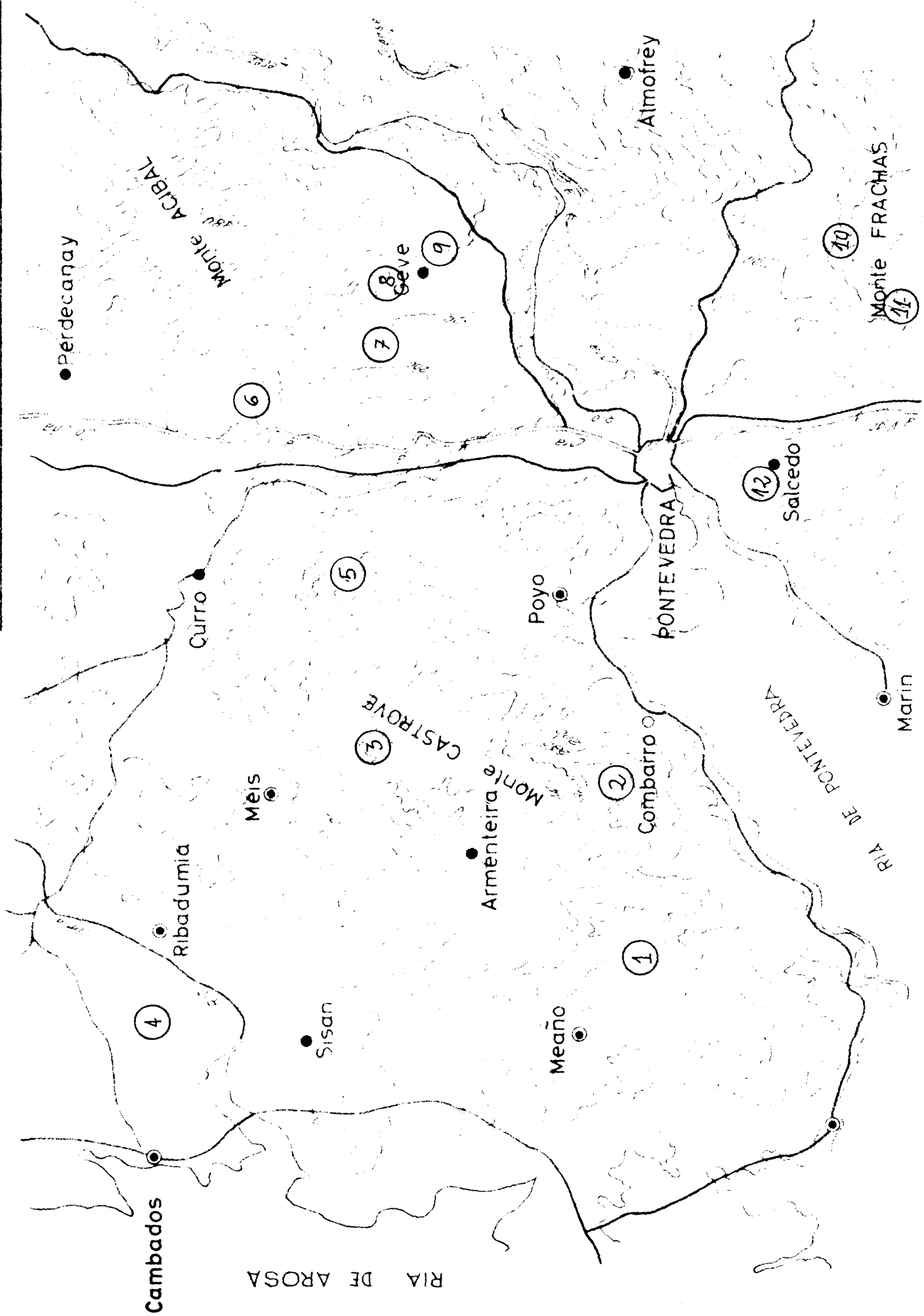


FIGURA 1 .-- Mapa geográfico.-- Líneas finas: curvas de nivel (equidistancia 80m.); líneas gruesas: carreteras nacionales y comarcales; círculo doble: ayuntamientos; círculo sencillo: parroquias. Círculos con número: muestras de suelos naturales.

GEOGRAFICOS:

El accidente geográfico mas interesante de la zona donde se han recogido las muestras, lo constituye la Ría de Pontevedra, pero en relación con nuestro estudio lo más destacado, sin duda alguna, es su orografía. En la fig. 1, mapa geográfico de la comarca, se puede ver una sucesión de montes, cada vez de menor elevación según se acercan al mar, entre los que se enmarcan pequeños valles, que se dedican al cultivo.

Si en el mencionado plano hacemos centro en Pontevedra - cuyas coordenadas geográficas son: $4^{\circ} 58'$ de longitud O. y $42^{\circ} 25'$ de latitud N. - podemos observar lo siguiente: Al N. una marisma surcada por el arroyo Gran de; girando hacia el este nos encontramos al NE. con el monte Acibal y sus estribaciones, entre las que se forman los valles de Lárez, Geve, Berducido, etc., al sur del monte, y da comienzo el amplio valle del Sainés, al O. Al este de Pontevedra y hacia ella corre el Lárez, formador de la Ría, hasta cuya orilla norte llegan estribaciones del mencionado Acibal y cuya margen sur, en Nou-

rente, está formada por las estribaciones de los Frachas. Siguiendo hacia el SE., estos montes limitan los valles de Tomeza y Maroñ, que con los del sur forman el valle de Pontevedra que termina subiendo suavemente hacia el Domayo, que llega en ligera pendiente - en relación a los otros montes citados - hasta Salcedo. La Ría se abre con una clara orientación SO. y por el NO. se encuentra el Castrove, que corriendo paralelamente a la Ría la aísla completamente del valle del Sainés que se extiende desde las laderas de dicho monte hasta el mar, en la Ría de Arosa. Se puede observar como a muy pequeña distancia del mar se encuentran alturas de hasta 600 m., lo que dará idea de la fuerte pendiente que deberán tener muchas de estas elevaciones.

GEOLOGICOS:

Los estudios geológicos de la zona se basan en la descripción geognóstica de Galicia de Schultz, hecha en 1.835 (109), parte de cuyo mapa es la fig. 2, y en el trabajo de Valenzuela de 1.856 (125), en sus líneas generales, confirmados por nuestras observaciones en los puntos de recogida de muestras. Dominan granito sobre todo y gneis, que pueden aparecer en diversas variedades.

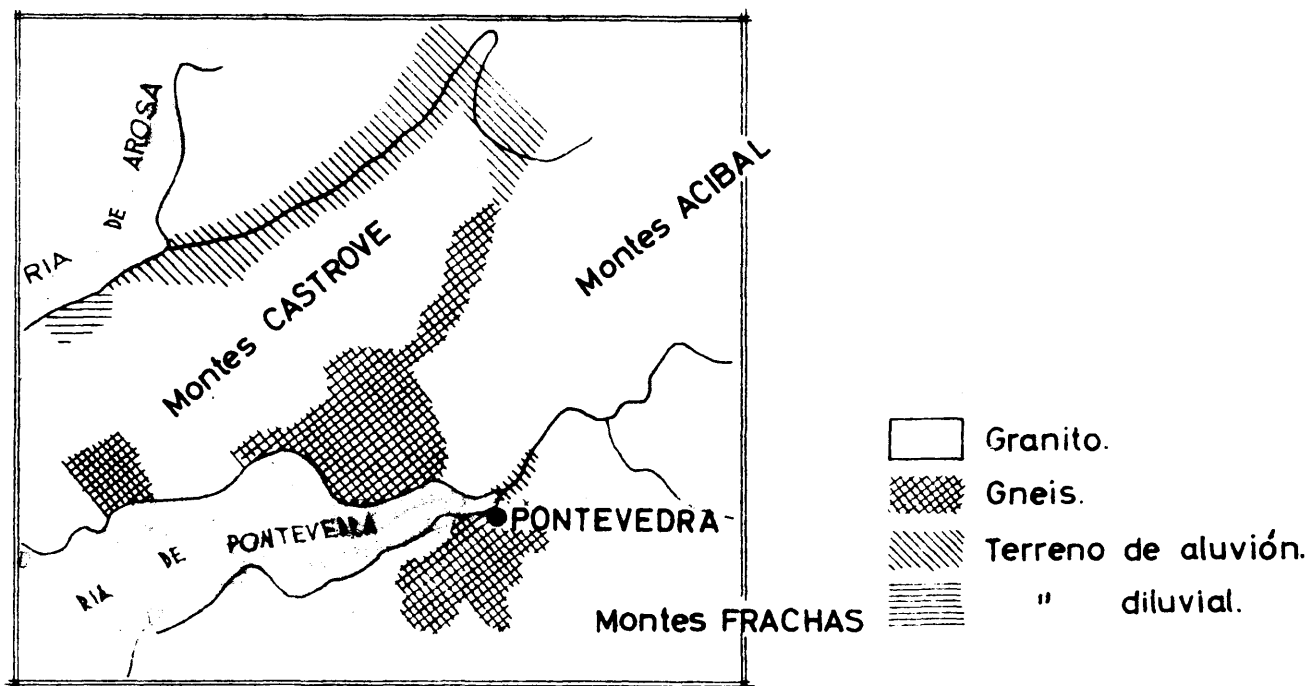


FIGURA 2 .-- Mapa geológico.

En el Castrove son el granito en la ladera septentrional y el gneis en la meridional, los que aparecen en más abundancia. El granito suele ser porfídeo en muchas zonas; en él los cristales de feldespato que lo caracterizan no son grandes; en algunas partes el gneis es también porfirico.

El monte Acibal es casi puramente granítico, se ve el gneis en algunos puntos y tambien se observa la presencia de anfibolita cerca de Lórex. En Gave abunda un granito de grano muy grueso.

En los Frachas domina también el granito y algo de gneis en la falda occidental, apareciendo un tipo de granito muy grosero, con confusos cristales de ortosa y grandes láminas de mica.

Abunda el gneis, aunque con gran cantidad de granito en la falda del Domayo que llega a Salceda.

CLIMATOLÓGICOS:

La humedad, precipitación y variaciones térmicas ejercen gran influencia sobre la dinámica de la meteorización, erosión y lavado de rocas y suelos, e indirectamente por ser factor determinante de la vegetación, la cual a su vez tiene influencia sobre la formación de los suelos.

Consideramos, pues, que el conocer los datos meteorológicos más característicos de la zona es de interés en nuestro estudio. Haremos mayor énfasis en temperaturas y precipitación, por ser los factores más variables en la zona y que mayor influencia deberán tener sobre los suelos que estudiamos.

T A B L A 1

Precipitación	T. máxima	T. mínima	T. media	Humedad	Presión
1.650 mm.	41°C.	-5°C.	14,6°C	76,6%	763mm.

Valores anuales climatológicos medios.

La presión media anual es de 763 mm., presión bastante elevada debido probablemente a la cercanía del máximo de presión del anticiclón de las Azores. La presión mínima se observa en los meses de enero y febrero, siendo de 753 mm., aunque hayan existido mínimos de hasta 735 mm.

La humedad relativa tiene pequeña variación, de un 75 a un 80% de medias mensuales y es función de los vientos dominantes. Puede alcanzar valores de hasta 100, pero los mínimos son elevados.

Predominan los vientos de S. y SO. ,en invierno, y muy frecuentemente en el resto del año el NO. La frecuencia de los vientos no corresponde al paso de las borrascas atlánticas. El máximo de velocidad mensual es en diciembre, enero y febrero, cuando avanza la masa del anticiclón de las Azores sobre la Península, con una media de 15,84 Kms/h.; el máximo secundario en las borrascas de marzo y primavera. En la quietud veraniega se ofrece el mínimo principal. El valor medio de los meses de julio, agosto y setiembre es de 11,5 Kms/h.

La temperatura presenta una oscilación de 45°C., con un máximo de 41°C y un mínimo de -4°C., siendo los valores medios de las máximas y mínimas anuales 35,2°C. y -1°C. respectivamente, pudiendo observarse en la fig. 3 sus variaciones, sensiblemente pequeñas, en el período observado (años 1933-1961). La temperatura media anual de 14,6°C., es superior a la que le correspondería por su latitud, debido sin duda a la influencia atlántica.

En las gráficas 4 y 5 se pueden ver las oscilaciones mensuales de las temperaturas, en ambas se observa la existencia de un corto período bastante caluroso, que comprende parte de junio y los meses de julio y agosto, con máximos mensuales superiores a 38°C. Diciembre, enero y febrero son, por el contrario, fríos, aunque trans-

T A B L A 2

Meses	Temperaturas máximas absolutas °C.	Temperaturas mínimas absolutas °C.	T. Medias de las m. máximas °C.	T. Medias de las m. mínimas. °C.	T. Medias de las medias °C.	Días de lluvia (media)
Enero	21	-3	12,6	5,7	9,3	17
Febrero	23	-3	13,9	6,1	10,1	13
Marzo	28	11	16,7	7,9	12,3	14
Abril	31	1	19,0	8,9	14,0	12
Mayo	35	3	21,0	10,7	15,8	11
Junio	38	5	24,0	13,1	18,5	7
Julio	41	8	26,2	14,5	20,3	5
Agosto	40	6	26,1	14,3	20,2	7
Setiembre	36	4	23,0	13,1	18,3	9
Octubre	31	2	20,0	10,3	15,1	12
Noviembre	26	-2	16,1	7,8	11,9	14
Diciembre	23	-4	13,2	6,3	9,8	16
Año	41	-4	19,6	9,9	14,6	141

curran años sin que se vea nieve en los montes, dado que las temperaturas medias de las mínimas mensuales son de alrededor de 6°C., (tabla 2).

En cuanto a la lluvia, indudablemente se trata de un clima húmedo, con una precipitación - dentro del período estudiado - máxima en 1.960 con 2.600 mm. y un mínimo, en 1.944, de 960 mm. La media anual es de 1.650 mm. Las curvas de días de lluvia y agua caída que se representan en la fig. 6 resultan bastante acordes, siendo la media anual de días de lluvia 141.

Si grandes son las diferencias termométricas entre los meses de invierno y verano mayores son todavía las de precipitación, cuyos valores medios mensuales y días medios de lluvia al mes se representan en la fig. 7. Son mayores, sin embargo, las variaciones entre los valores absolutos mensuales, que dan un máximo de 860,4 mm. en marzo y 759,9 mm. en febrero de 1947 a un mínimo de 3,9 mm. en julio del mismo año o el de 0,0 mm. en julio de 1935.

Hemos señalado hasta aquí, las variaciones más interesantes que se producen, en temperaturas y precipitación, en la zona objeto de nuestro estudio, mediante los cuales se han determinado los siguientes índices y factores climáticos:

$$\text{Factor de lluvia o coeficiente de Lang : } \frac{P}{T} = 113,0,$$

el valor que resulta corresponde a un clima húmedo.

Índice de aridez de De Martone: $\frac{P}{T + 10} = 67,1$,
correspondiendo a clima húmedo.

Índice termopluviométrico o de aridez de Dantin y
Ravena $100 \times \frac{T}{P} = 0,88$; húmedo.

Coefficiente de Meyer: $\frac{P}{S} = 569$, corresponde a
clima húmedo.

Índice pluviométrico de Emburger: = 506,7 , clima
húmedo.

Índice de humedad de Thornthwaite = 159,6, valor
correspondiente a un clima muy húmedo.

Índice de temperatura de Thornthwaite: = 79, que
corresponde a clima mesotermal.

Índice de De Finis: $\frac{37}{31} \frac{3}{6}$, señala una época
estival seca y cálida, al mismo tiempo que la suavidad
de la temperatura invernal.

Los índices de Andrews dan los siguientes valores
a lo largo del año: Enero, 11,6; febrero, 8,7; marzo,
8,7; abril, 4,9; mayo, 4,4; junio, 2,1; julio, 0,9; a-
gosto, 1,6; setiembre 2,7; octubre, 5,4; noviembre, 9,5;
diciembre, 11,0. Aparece una zona estival, seca, comple-
tamente diferente al resto del año.

El clima es, pues, suave, húmedo, pero con períodos
seco, bastante cálido que altera los procesos vitales
del suelo cada año. Acaso la humedad del invierno sea

también lo suficientemente elevada como para provocar un mínimo de actividad o una paralización de la misma cuando la temperatura baja se una a una gran precipitación. El lavado de los suelos de ladera debe ser grande, dada la pequeña permeabilidad de la roca madre que forma el substrato.

(Los datos del período 1933-1950 corresponden a la Estación de Pontevedra, y han sido recogidos de los Ahuarios Meteorológicos del Ministerio del Aire, los del período 1951-1961 de la Estación de la Misión Biológica de Galicia (Salcedo)).

TEMPERATURAS ANUALES MAXIMAS ABSOLUTAS MINIMAS ABSOLUTAS Y MEDIA (AÑOS 1933- 61)

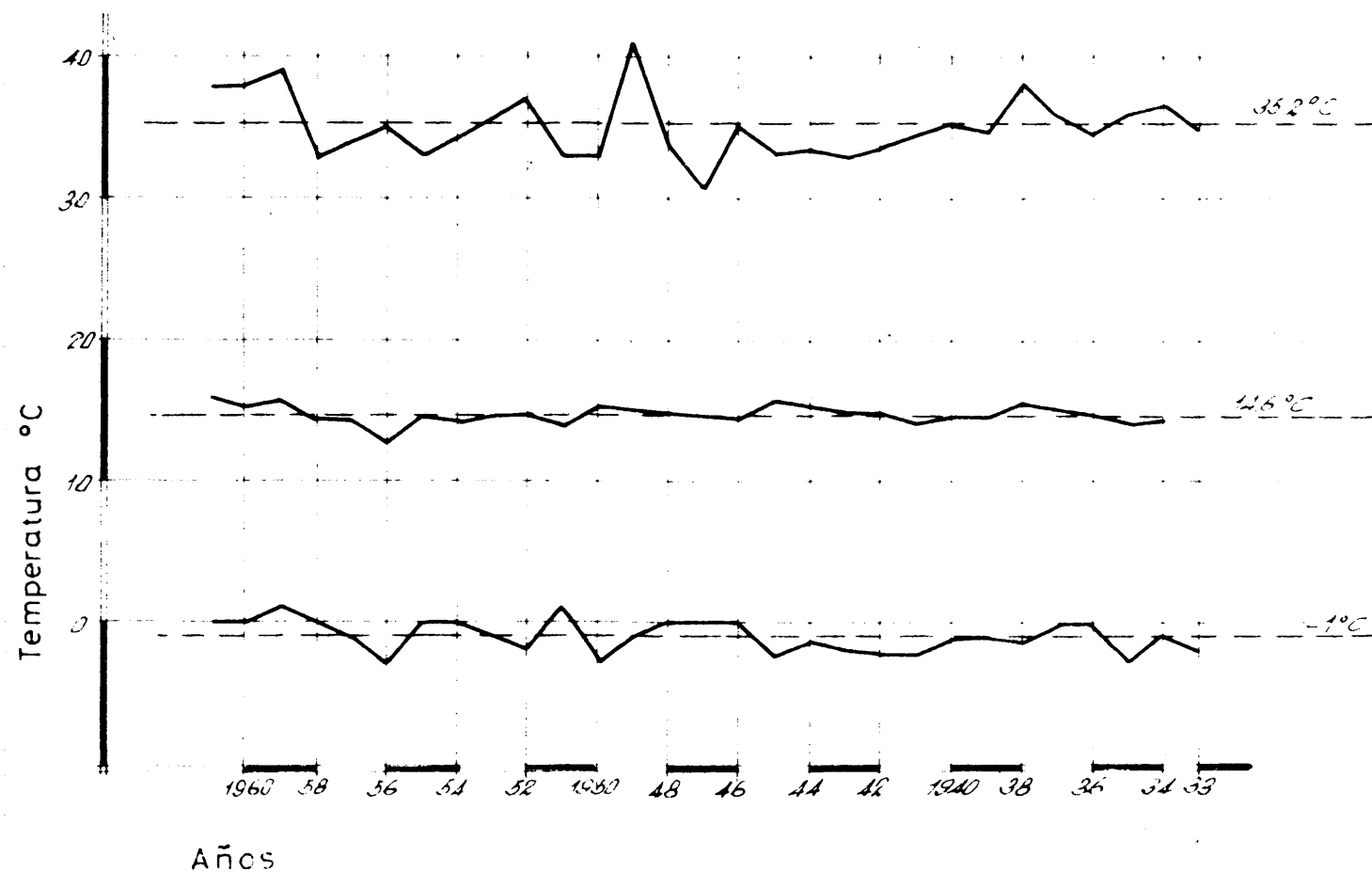


FIGURA 3.- Temperaturas anuales medias, mínimas absolutas y máximas absolutas en el período 1933-61.

TEMPERATURAS MENSUALES MEDIAS: DE MEDIA, DE
MAXIMAS Y MINIMAS (AÑOS 1933-61)

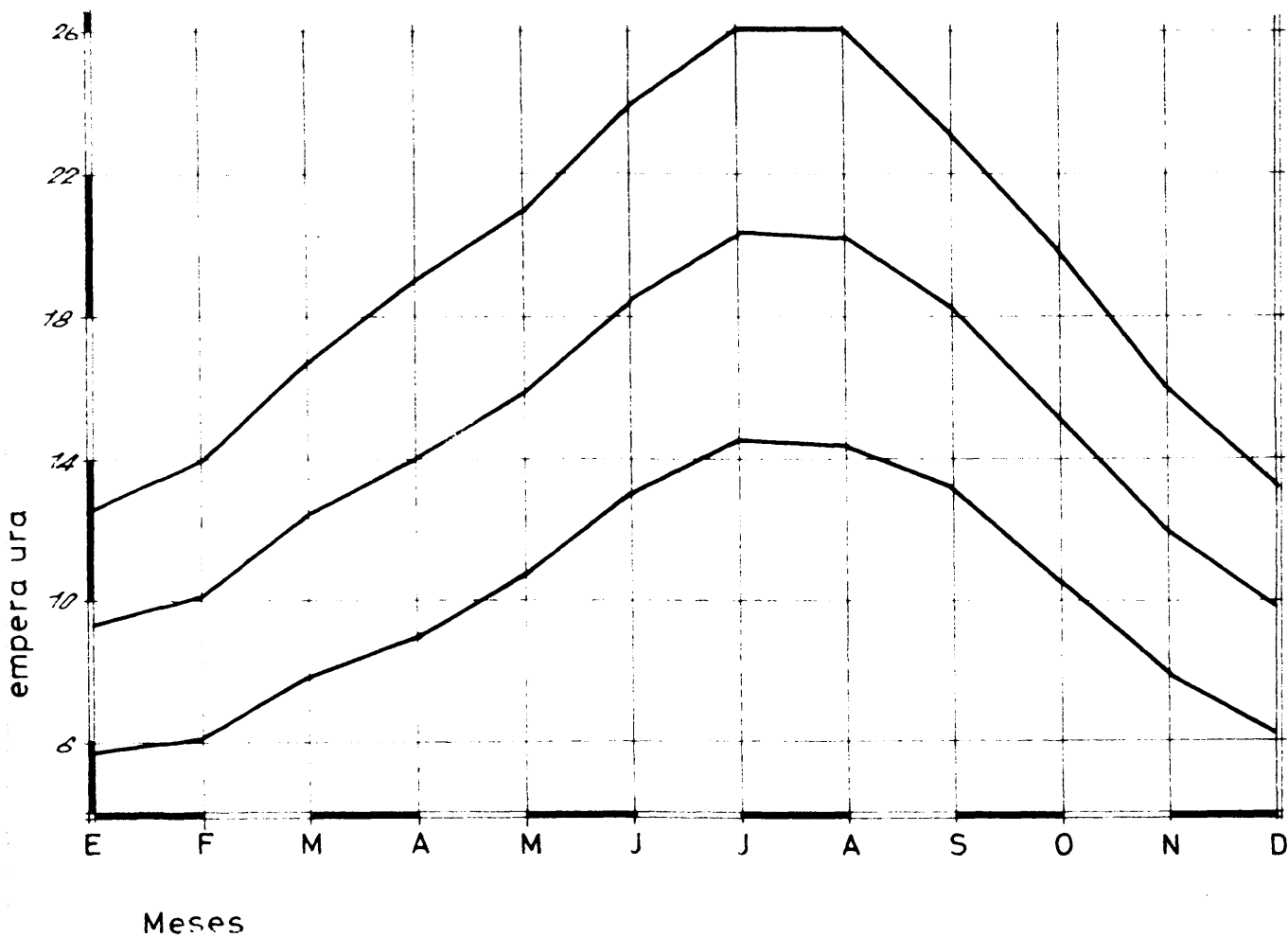
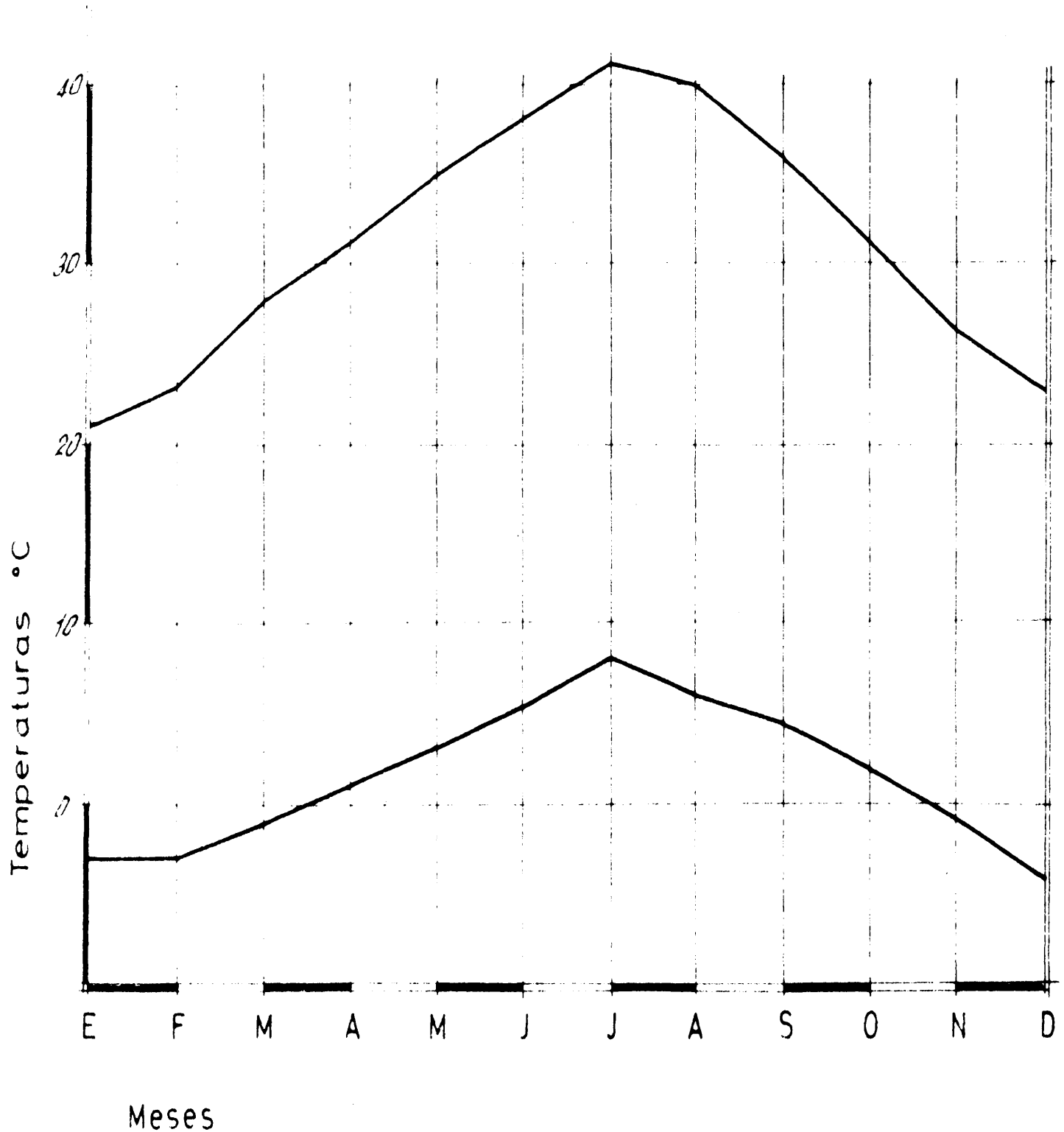


FIGURA 4 .- Temperaturas medias mensuales, de máximas,
medias y mínimas entre 1933 y 1961.

FIGURA 5.- Temperaturas absolutas mensuales, máximas y mínimas de 1933 a 1961.

TEMPERATURAS MAXIMAS ABSOLUTAS Y MINIMAS ABSOLUTAS MENSUALES (AÑOS 1933-61)



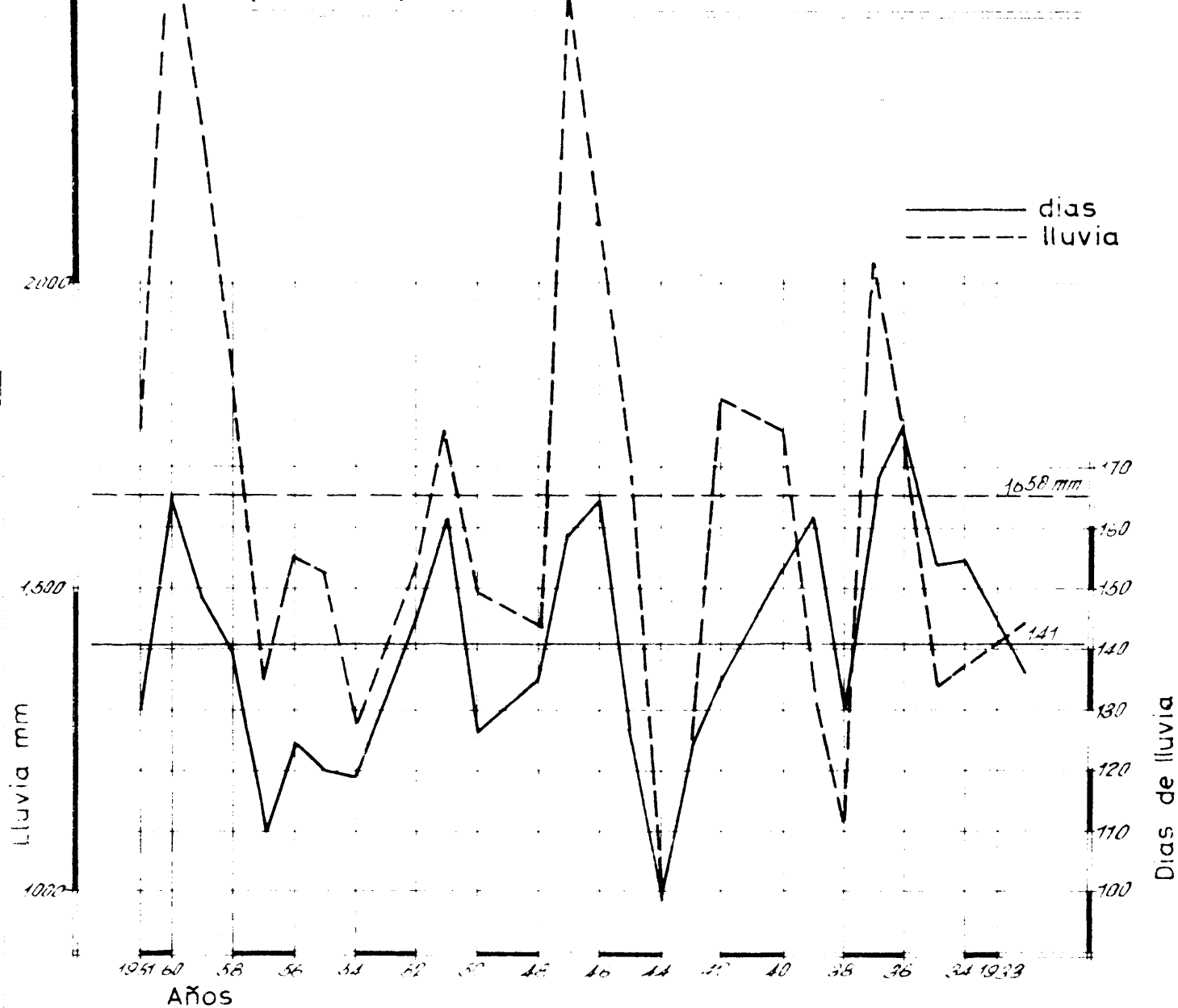
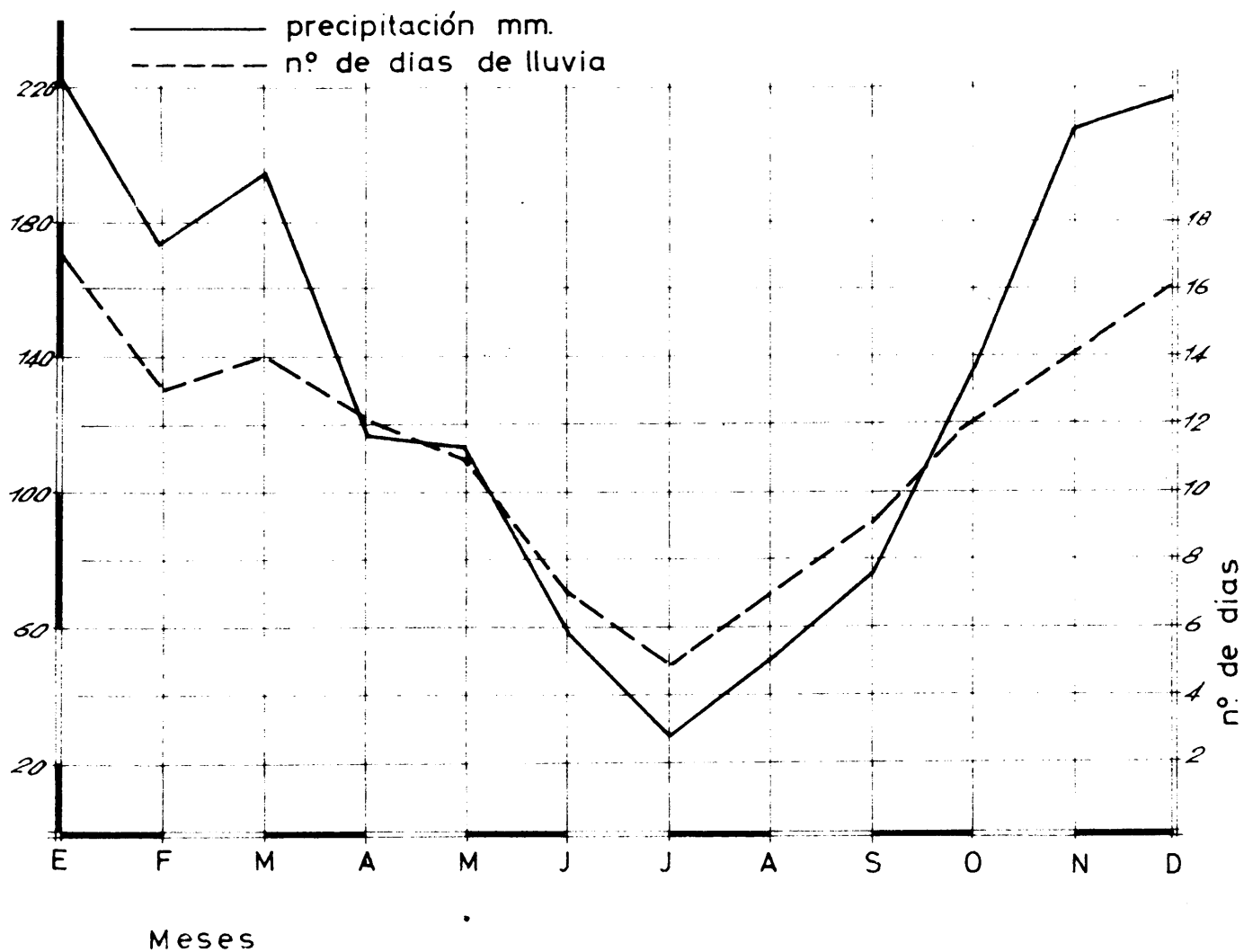


FIGURA 6.- Precipitación anual en mm. y días de lluvia al año desde 1933 a 1961.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL Y NUMERO MEDIO DE DIAS DE LLUVIA. (AÑOS 1933-61)



MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras corresponden a la zona cuyo mapa geográfico damos en la fig. 1, en el que se pueden localizar los suelos naturales estudiados con su número correspondiente, enmarcado en un círculo. Dos de ellos no son de ladera y tienen por objeto ver las diferencias que la topografía puede introducir, aunque vistos los resultados experimentales, hemos encontrado que uno de estos, el IV, ha sido indudablemente modificado en época no muy lejana.

Los agrícolas corresponden a los valles a que vienen las laderas y vistas la extensión y variaciones de los mismos, hemos tomado número distinto de muestras según las características de aquellos. Cada muestra corresponde a una media de gran número de tomas al azar en la zona, con profundidad de 30 cms., correspondientes a la capa arable. El total de muestras es de veintisiete y sería prolija la descripción de cada una de ellas, por lo que podemos señalar que en general son de textura

ligera, contenido medio en materia orgánica, riego eventual, pues el agua procede de arroyos naturales que secan muchos veranos y cultivo intensivo (maíz, patatas, p-rado intercalar de otoño-invierno, etc). En seco el color predominante, según la escala de Munsell, es de 10YR 5/3. Como se señaló los aportes del hombre consisten, p-or orden de importancia, en estiércol, materiales de origen marino (en el litoral), superfosfatos, caliza o cal y algo de amónicos; los datos de campo señalan que más del 50% de los suelos solamente reciben estiércol.

Se han tomado muestras en terrenos y fincas cuyos propietarios tratan los suelos de forma mas racional. Las características generales de estos son apreciablemente las mismas que las de los descritos, salvo su acidez que es algo menor.

En la descripción de los perfiles que damos a continuación, de los que se han tomado muestras en los horizontes correspondientes, aparece el color "de visu" del campo en el momento de la recogida y entre paréntesis los valores de la carta de color de suelos de Munsell, de las muestras secas al aire. El humus de estos suelos es moder ácido y poseen un horizonte orgánico profundo que en algunos forma casi todo el perfil. Son todos formas de transición más o menos inclinadas a ranker pardo o tierra parda.

PERFIL I

Localidad.-- Simes (Pontevedra)

Situación.-- En las estribaciones del Castrove, cerca
del Km 4,5 de la carretera de Samieira a Meaño, a
la derecha.

Altitud.-- 100 m.

Topografía.-- Pendiente del 15%

Orientación.-- Oeste.

Drenaje.-- Bueno.

Veg⁹tación.-- *Pinus pinaster*, *Pinus insignis* (radiata),
Quercus pedunculata, *Plantago canceolata*, *Daboecia*
p-clifolia, *Potentilla tormentilla*, *Arrhenaterum*
thorei, *Corynephorus canescens*, *Ulex nanus*, *Carex*
sp., *Lythorpezzum prostratum*, *Viola sylvatica*, *Thrin*
cia hirta, *Pteris aquilina*, *Scolopendrium vulgare*.

Roca.-- Granito porfídico.

Tipo de suelo.-- Tierra parda mesotrófica.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 10cms.	A ₀	Color pardo rojizo oscuro, (10YR 3/2) con abundante materia orgánica y raíces sin descomponer, sin estruc- tura, de fácil penetración, buen drenaje, orgáno- areno-limoso, muy ácido.

Profundidad Horia.

Observaciones

10 - 28cms.	A ₁	Color pardo café, (10YR 3/2), pocas raíces, rico en materia orgánica, areno-limoso, acidez media, estructura migajosa y suelta, buen drenaje.
28 -54 cms.	A ₂	El color es ligeramente mas claro que el anterior, (7,5YR 3/2), rico en materia orgánica, apenas raíces vivas, grumoso, acidez media, areno-limoso, buen drenaje.
54 - 90cms.	B	Gastado-amarillento, (10YR 6/4), abundantes trozos de roca, mica y feldespato, acidez media, pobre en materia orgánica, grumoso, buen drenaje, areno-limoso.
+ 90 cms.	C	Color blanco amarillento, (10YR 7/4), abundantes trozos de roca sin descomponer, acidez media, limo-arenoso, buen drenaje.

PERFIL II

Localidad.- Samieira (Pontevedra).

Situación.- En el monte Castrove, cerca del Km. 19,5 de la carretera forestal, a la izquierda.

Altitud.- 310 m.

Topografía.- Muy inclinado, 30% de pendiente.

Orientación.- Sureste.

Drenaje.- Bueno.

Vegetación.- *Pinus pinaster*, *Pinus insignis* (radiata),

Plantago canescens, *Pyrus communis*, *Ulex nanus*,

Pteris aquilina, *Corynephorus canescens*, *Daboecia*

p-olifolia, *Agrostis setacea*, *Potentilla tormenti-*

lla, *Arrhenatherum thomai*, *Scolopendrium vulgare*,

Viola sylvatica, *Carex* sp., *Lytho-permum prostratum*.

Roca.- Granito porfídico.

Tip-o de suelo.- Tierra parda mesotrófica.

Descripción

Profundidad Horiz.

Observaciones

0 - 15cms.	A ₀	De color pardo, (10YR 2/2), con abundantes raíces sin descomponer, elevado contenido en materia orgánica, buen drenaje, grumoso, <u>or</u> gano-areno-limoso, muy ácido.
15 - 45cms.	A ₁	Color algo más oscuro, (10YR 2/1), menos raíces, contenido en materia orgánica muy alto, areno-limoso, buen drenaje, grumoso, acidez media.

Profundidad Horis.

Observaciones

45 - 78cms.	A ₂	Color pardo café, (7,5YR 3/2), bien de materia orgánica, muy pocas raíces, buen drenaje, areno-limoso, acidez media.
78 - 90cms.	B	Color ocre, (10YR 6/3), buen drenaje, pobre en materia orgánica, grandes trozos de material sin descomponer, arenoso, acidez media.
+ 90	C	Casi blanco, (15YR 7/3), arenoso, muchos fragmentos de roca, buen drenaje, acidez media.

PERFIL III

Localidad.- Meis (Pontevedra).

Situación.- En el monte Castrove, cerca del Km. 13 de la carretera forestal, a la derecha.

Altitud.- 440 m.

Topografía.- 35% de pendiente.

Orientación.- Noroeste.

Drenaje.- Bueno.

Vegetación.- *Pinus pinaster*, *Pinus insignis* (radiata),
Pteris aquilina, *Ulex nanus*, *Halimium occidentale*,
Daboecia polifolia, *Carex* sp., *Hypochaeris radicata*.

Roca.- Granito porfídico.

Tip-o de suelo.- Ranker pardo.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 12cms.	A ₀	Color pardo obscuro,(10YR 2/1), gran cantidad de raíces y materia orgánica sin descomponer, grumoso, buen drenaje, areno-limoso, muy ácido.
12 - 32cms.	A ₁	Muy semejante al anterior,(5YR 2/L), menos materia orgánica sin descom- poner, grumoso, areno-limoso, per- meable, muy ácido, trozos de roca sin descomponer.
32 - 52cms.	A ₂	Pardo más claro,(10YR 2/2), sin raíces, con contenido alto en mate- ria orgánica, areno-limoso, buen drenaje, muy ácido.
52 - 80cms.	A(B)	Color pardo claro,(10YR 4/2), bien de materia orgánica, arenoso, aci- dez media, muy permeable.
+ 80 cms.	C	Color ocre, casi blanco,(10YR 6/4), roca descompuesta compacta, abun- dantes trozos de roca sin descom-

Profundidad Horiz

Observaciones

poner,arenoso, acidez media,
permeable, mica suelta.

PERFIL IV

Localidad.- Vilarinho (Pontevedra).

Situa-ción.- Cerro del Km. 8 de la carretera a Cambados.

Altitud.- 50m.

Topografía.- Poca inclinación , casi llano.

Drenaje.- Bueno.

Vegetación.- Eucalyptus globulus, Corynephorus canescens,

Ulex nanus, Carex sp., Zostera marina, Potentilla
tormentilla, Lythorpermum prostratum

Roca.- Granito porfídico.

Tip-o de suelo.- Tierra parda ligeramente podzolizada,
alterada en superficie.

Descripción

Profundidad Horiz.

Observaciones

0 - 18cms.	A ₀	Pardo algo rojizo, (10YR 2/2), bien de materia orgánica, raíces abun- dante, buen drenaje, suave al tag to, limo-arenoso, grumoso, ligera- mente ácido.
------------	----------------	---

18 - 28cms.	A ₁	Pardo algo mas oscuro que el ante
-------------	----------------	-----------------------------------

Profundidad Horis.

Observaciones

		rion,(10YR 2/2), muy alto en ma
		teria orgánica, moderadamente á
		cido, permeable, areno-limoso.
28 -48 cms.	A ₂	Castaño claro, (10YR 4/3), grum <u>o</u>
		so, buen drenaje, aún bastantes
		raíces, pobre en materia orgáni <u>ca</u>
		ca,arenoso.
48 - 88cms.	B ₁	Castaño bastante claro,(10YR 5/3),
		más rico en materia <u>orgánica</u> que
		el anterior ,permeable, rocas suel <u>tas</u>
		tas, acidez media, arenoso.
88 -140cms.	B ₂	Más claro,(10YR 6/4), más abundan
		cia de roca sin descomponer, po-
		bre en materia orgánica, buen dre <u>naje</u>
		naje, areno-limoso, acidez media.
+ 140 cms.	C	Amarillento, (10YR 7/3), algo
		plástico, areno-limoso, muchos
		trozos de roca, moderadamente á-
		cido, permeable.

PERFIL V

Localidad.-- Campaño (Pontevedra).

Situación.-- En el monte Castrove, cerca del Km. 9,5 de
la carretera forestal, a la derecha.

Altitud.- 400 m.

Topografía.- Pendiente de 20%.

Orientación.- Este.

Drenaje.- Bueno.

Veg⁸tación.- *Pinus pinaster*, *Pinus insignis* (radiata),
Quercus pedunculata, *Acacia malanosylon*, *Ulex nanus*,
Pteris aquilina, *Plantago canescens*, *Potentilla*
tormentilla, *Scelopendrium vulgare*, *Viola sylvati*
ca, *Carex* sp., *Thrinicia hirta*, *Diabecia polifolia*,
Corynephorus canescens, *Lythorpermum prostratum*, *Py-*
rus communis.

Roca.- Granito.

Tipo de suelo.- No definido, es una acumulación de mate-
rial orgánico.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 8cms.	A ₀	Color pardo oscuro, (10YR 2/2), gran abundancia de raíces y mate- ria orgánica sin descomponer, gru- moso, permeable y fácilmente pene- trable, areno-limoso, muy ácido.
8 - 90cms.	A ₁	Color pardo algo más claro, (10YR 2/2), rico en materia orgánica, a- bundantes raíces, buen drenaje, a- cidez media, areno-limoso.

Profundidad Horas.

Observaciones

90 -125cms.	A ₂	Algo mas claro, (10YR 3/2), permeable, rico en materia orgánica, areno-limoso, acidez media.
125- 1200cms.	C	Color ocre amarillento, (10YR 6/3), roca descompuesta compacta, con abundancia de trozos sin descomponer, arenoso, sin plasticidad alguna, acidez media.

PERFIL VI

Localidad.- Portela (Pontevedra).

Situación.- En el monte Acibal, cerca del Km. 110 de la carretera Pontevedra- LaCoruña, a la derecha.

Altitud.- 290 m.

Topografía.- Inclinado, 20% de pendiente.

Orientación.- Oeste.

Drenaje.- Bueno

Vegetación.- Ulex nanus, Pteris aquilina, Corynephorus canescens, Helichrysum serotinum, Daboecia cantabrica, Thalictrum flavum.

Roca.- Granito.

Tipos de suelo.- Es una acumulación no definida de materiales orgánicos.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horis.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 50cms.	A ₁	Pardo muy oscuro, (10YR 2/2), <u>ri</u> co en materia orgánica, grumoso areno-limoso, acidez media, mu- chas raicillas.
50 - 70cms.	A ₂	Pardo-rojizo, (5YR 2/2), rico en materia orgánica, permeable, al- go plástico, limo-arenoso, acidez media.
70 - 90cms.	A ₃	Color pardo café, (10YR 3/3), <u>li</u> mo-arenoso, acidez media, buen drenaje.
90 -115cms.	A(0)	Pardo claro, (10YR 4/3), con <u>ba</u> sante materia orgánica, buen <u>dre</u> naje, trozos de roca, descansa sobre roca compacta sin alterar, areno-limoso, acidez media.
+ 115 cms.		Granito sin descomponer.

PERFIL VII

Localidad.-- Barducido (Pontevedra).

Situación.-- En el lugar de Reguera d'a Iglesia, estraba-
ciones del monte Acibal.

Altitud.-- 130 m.

Topografía.-- 25% de pendiente.

Orientación.-- Sureste.

Vegetación.-- Uleto-ericetum: *Pteris aquilina*, *Corynephorus canescens*, *Ulex nanus*, *Arrhachium bellidifolium*, *Arenaria montana*, *Halimium occidentale*.

Roca.-- Granito.

Tipo de suelo.-- Ranker pardo.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 15cms.	A ₀	Pardo negruzco, (10YR 2/2), abundantes raíces, rico en materia orgánica, grumoso, permeable, muy ácido, areno-limoso.
14 - 39cms.	A ₁	Algo más claro que el anterior, (7,5YR 3/2), abundante en materia orgánica, pocas raíces, buen drenaje, grumoso, areno-limoso, acidez media.
39 - 64cms.	A ₂	Pardo grisáceo, (10YR 3/3), buen drenaje, trozos de roca sin descomponer, areno-limoso, acidez media.
64 - 130cms.	C	Amarillo grisáceo claro, (2,5Y 7/2), permeable, areno-limoso, moderadamente ácido, roca madre profundamente alterada.

PERFIL VIII

Localidad.- Santa Maria de Geve (Pontevedra).

Situación.- En la ladera del monte Bordel, estríbación
del Asibal.

Altitud.- 125 m.

Topografía.- Muy inclinado, 50% de pendiente.

Orientación.- Oeste.

Drenaje.- Bueno.

Vegetación.- *Pinus pinaster*, *Pteris aquilina*, *Ulex nanus*,
Thymus caespititius, *Corynephorus canescens*, *Garex*
sp., *Helichripsum serotinum*, *Potentilla tormentilla*.

Roca.- Granito de grano grueso.

Tipo de suelo.- Tierra parda mesotrófica.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 15cms.	A ₀	Color pardo muy oscuro, (10YR 2/2), mucha materia orgánica y raíces, permeable, arenolimoso, muy de- do, grumoso.
15 - 65cms.	A ₁	Pardo oscuro algo más claro, (10YR 2/2), rico en materia orgánica, pocas raíces, grumoso, buen dre- naje, acidez media, areno-limoso.
65 - 80cms.	A(B)	Pardo claro, (10YR 5/2), pobre en materia orgánica, abundante roca

Profundidad Horiz.

Observaciones

sin descomponer, permeable, arenoso, acidez media.

80 - 4140 cms 8

Color amarillo grisáceo, (10YR 8/3), roca compacta alterada, con trozos de roca, permeable, moderadamente ácido.

PERFIL IX

Localidad.- Santa Maria de Geve (Pontevedra).

Situación.- En el monte Pedra, estribación del Acibal.

Altitud.- 160 m.

Topografía.- 20% de pendiente.

Orientación.- Surcoeste.

Drenaje.- Bueno.

Vegetación.- *Pinus insignis* (radiata), *Ulex nanus*, *Pteris aquilina*, *Thymus caespititius*, *Corynephorus canescens*, *Pyrus communis*, *Helichripsum serotinum*.

Roca.- Granito de grano grueso.

Tip-o de suelo.- Ranker pardo.

Descripción

Profundidad Horiz.

Observaciones

0 - 15cms. A₀

Pardo negruzco, (10YR 2/1), mucha materia orgánica, permeable, or-

Profundidad Horiz.

Observaciones

		gelo-limoearenoso, grumoso, acides media, abundancia de raíces sin descomponer.
15 - 30cms.	A ₁	Algo más claro, (10YR 2/2), mucha materia orgánica, menos raíces, permeable, grumoso, areno-limoso, acides media.
30 -100cms.	A ₂	Pardo, (10YR 3/2), sin raíces, arenoso, moderadamente ácido, permeable, bastante materia orgánica.
+ 100 cms.	C	Mezcla de roca alterada compacta y trozos sin alterar, amarillento, (10YR 7/3), permeable, neutro, arenoso.

PERFIL I

Localidad.- Reigosa (Pontevedra).

Situación.- En Chan d'a rafia, en los montes Frachas.

Altitud.- 320 m.

Topografía.- Poca pendiente, 8%

Orientación.- Noroeste.

Drenaje.- Bueno.

Vegetación.- *Pteris aquilina*, *Corynephorus canescens*,

Ulex nanus, *Thrinicia hirta*, *Carex* sp., *Scelopendrium* vulgare, *Viola sylvatica*, *Pyrus communis*.

Roca.- Granito porfídico.

Tip-o de suelo.- Tierra parda mesotrófica.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 12cms.	A ₀	Color pardo muy oscuro, (10YR 2/2), con mucha materia orgánica, órega no-areno-limoso, muy ácido, permeable, abundancia de raicillas.
12 - 30cms.	A ₁	Pardo algo más claro, (10YR 2/2), mucha materia orgánica, buen drenaje, grumoso, pocas raíces, areno-limoso, acidez media.
30 - 90cms.	B	Castaño claro, (5Y 7/3), pobre en materia orgánica, muchos trozos de roca, arenoso, buen drenaje, acidez media.
+ 90 cms.	C	Blanco amarillento, (2,5Y 8/2), arenoso, aunque algo plástico, roca alterada compacta, permeable, moderadamente ácido.

PERFIL XI

Localidad.- Tomeza (Pontevedra).

Situación.- Cerca de Pumarín en las claderas de los Fres-chas.

Altitud.- 280 m.

Topografía.- Pendiente de 25%

Orientación.- Oeste noroeste.

Drenaje.- Buano.

Vegetación.- *Pteris aquilina*, *Corynephorus canescens*,
Ulex nanus, *Thrinola hirta*, *Carex*, sp., *Scolopendrium vulgare*, *Viola sylvatica*, *Pyrus communis*.

Roca.- Granito porfídico.

Tip-o de suelo.- Tierra parda mesotrófica.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 10cms.	A ₀	Pardo oscuro, (10YR 2/2), abundante en materia orgánica, raíces sin descomponer, permeable, g _{ru} moso, muy ácido, limo-arenoso.
10 - 30cms.	A ₁	Pardo café, (10YR 3/2), menos raíces, rico en materia orgánica, mica suelta, buen drenaje, g _{ru} moso, acidez media, areno-limoso.
30 - 70cms.	(B)	Castaño muy claro, (10YR 5/3), abundante roca sin descomponer, pobre en materia orgánica, areno _{so} , moderadamente ácido, permeable.

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
70 - 100cms.	0	Grisáceo, (10YR 7/3), roca altera- da compacta, trozos sin descompo- ner, arenoso, permeable, casi neutro.

PERFIL XII

Localidad.- Balcedo (Pontevedra)

Situación.- Carballo de Paso, en el robledal.

Altitud. 50 m.

Topografía.- Casi llano.

Drenaje.- Bueno.

Vegetación.- *Quercus pedunculata*, *Agrostis setacea*,

Pteris aquilina, *Corynephorus canescens*, *Arenaria*
montana, *Triodia decumbens*, estrato muscinal.

Roca.- Granito de dos micas.

Tip-o de suelo.- Tierra parda.

Descripción

<u>Profundidad</u>	<u>Horiz.</u>	<u>Observaciones</u>
0 - 10cms.	A ₀	Pardo oscuro, (10YR 3/2), abun- dantes raíces y materia orgáni- ca, grumoso, areno-limoso, per- meable, acidez media.
10 - 50cms.	A ₁	Algo más claro que el anterior,

Profundidad Horia.

Observaciones

(10YR 4/2), rico en materia orgánica, aún abundantes raicillas, areno-limoso, buen drenaje, acidez media, grumoso.

50 - 60 cms. A₂ Castaño claro, (10YR 5/3), pobre en materia orgánica, areno-limoso permeable, acidez media, pocas raíces.

60 - 75 cms. B₁ Pardo amarillento, (10YR 6/4), arenoso, permeable, moderadamente ácido, apenas raíces.

75 - 95 cms. B₂ Algo mas claro que el anterior, (10YR 6/4), arenoso, buen drenaje, moderadamente ácido.

+ 95 cms. C Roca compacta alterada profundamente, casi blanco, (2,5Y 7/2), arenoso, moderadamente ácido, permeable.

- - - - -

Preparación de las muestras:

Se extendió la muestra para su secado al aire, una vez seca se deshicieron los terrones y se pasó por un tamiz de orificios circulares de 2mm. de diámetro. Después de bien homogeneizada se tomó la muestra media para los análisis.

Métodos:

Acidez

El valor del pH obtenido es aproximado, dada la existencia en el medio en que se determina, de un sistema polifásico no homogéneo (47,62). La capa catiónica que rodea las partículas negativas del suelo, tanto de arcilla como de humus, influye notoriamente en el valor de la acidez por lo que se han propuesto electrolitos que disminuyen la influencia de dicha atmósfera catiónica.

nica p-or reducción del espesor de la misma, y que dan lugar a valores mas estables. Por otra parte, las variaciones también dependen de alteraciones de las condiciones naturales del suelo debidas a efectos climáticos estacionales, que producen dilución de hidrogeniones en los períodos muy húmedos - circunstancia que deberá tenerse en cuenta en la zona estudiada - pudiendo en las épocas de gran actividad biológica modificarse también. Sin embargo el fuerte poder tampón de los suelos hace que el valor del pH no pierda su carácter informativo. Por ello, damos los valores del pH empleando la suspensión propuesta por la Second International Commission of the International Society of Soil Science, utilizando un procedimiento electrométrico.

Formada una suspensión suelo-agua de razón 1: 2,5, tomando 10g. de suelo, se agitó regularmente, efectuando las medidas a la media hora en un potenciómetro Beckman, con electrodos de vidrio y calomelanos.

Materia orgánica

La materia orgánica se valora de forma indirecta determinando el contenido en carbono orgánico.

Considerados los métodos de determinación de carbono en suelos, como métodos de combustión, en los que

se valora el carbono total desprendido (11,97), y métodos de reducción por medio de soluciones oxidantes, en los que se pueden emplear como reactivos permanganato potásico, ferricianuro potásico (26), o dicromato potásico (108), hemos utilizado el método indirecto de Walkley y Black (128), en el que el carbono orgánico es oxidado por ácido dicrómico con calentamiento interno por dilución de ácido sulfúrico. Para los cálculos se ha usado el factor 0,77 de Walkley, y para los valores de la materia orgánica el índice de Wolf o Bemmelen, 1,724.

Nitrógeno

La determinación del nitrógeno total la hemos realizado por el método de Kjeldahl. La técnica utilizada es una adaptación para suelos de la de Mason para plantas (87) llevada a cabo en la Sección de Química Agrícola de la Misión Biológica de Galicia (40).

Por la rapidez que el método supone, ya que el ataque se realiza en 20 minutos aproximadamente, vamos a describirlo:

Catalizador: $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + Selenio (1:0,4)

K_2SO_4

Indicador: 16 mgs. de verde de bromo-cresol y 6 mgs. de rojo de metilo diluidos en 10 cc. de alcohol absoluto.

Absorbente: H_3BO_3 al 4%, al que se añaden por litro la cantidad de colorante señalada.

Neutralizante: Na OH , al 40%.

Se pesan 0,2 - 0,5 g. de suelo, según la riqueza, se atacan en una matraz adecuado con 6 cc. de ácido sulfúrico conc., añadiendo 0,25 g. de catalizador. Se mantiene el matraz a ebullición viva hasta que aparecen humos densos y blancos de SO_3 , se adicionan entonces 0,25 g. de K_2SO_4 , y se mantiene el ataque durante unos 20 minutos hasta que toma color gris claro o incoloro. Se lleva a matraz de destilación por armastre de vapor, se alcaliniza con 40 cc. del neutralizante y el destilado se recoge en 25cc. de la solución de ácido bórico conteniendo el indicador. La valoración se realizó con HCl , 0,035N.

Fósforo

Los numerosos extractores propuestos para la determinación del fósforo soluble pueden dar lugar a resultados dispares según las características de los suelos a que se apliquen (27,92,95,124). Los suelos ácidos presentan menos problemas de extracción y nosotros utilizamos una solución de ácido acético 0,5N. siguiendo la técnica de Williams (130) y valoramos el fósforo colorí

métricamente. Las determinaciones se realizaron en un absorciómetro Spekker de Hilger, empleando cubetas de 4 cms. y filtro rojo número 608 (675 mμ). Para las soluciones patrón se utilizó KH_2PO_4 .

Potasio

Entre el gran número de extractores que se usan pa-
ra determinar el potasio útil para las plantas, hemos
empleado la solución de acetato amónico en ácido acéti-
co - solución Morgan - que en suelos ácidos similares
a los estudiados da buena correlación entre los valores
analíticos y la producción (21,50,90). Por no disponer
de medios espectrofotométricos hemos valorado por proce-
dimiento colorimétrico el potasio extraído, precipitan-
do con cobaltinitrito de plata y determinando el cobalto
del precipitado según Sandell (107) por medio de sal ni-
troso-R. Las determinaciones se realizaron con el mismo
absorciómetro citado, empleando cubetas de 4 cms. y fil-
tro verde número 604 (525 mμ). Las soluciones patrón se
prepararon con KCl.

Calcio

El calcio determinado ha sido la fracción de cambio

extraída con acetato amónico normal, pH 7, según Piper (97). La cantidad de muestra utilizada fué de 50 g. y la separación de Al, Fe, Mn y Mg se realizó siguiendo a dicho autor, utilizando para la valoración del oxalato cálcico formado, MnO_4K , 0,1N.

Magnesio

Hemos determinado la fracción de magnesio de cambio, extraída según se indicó para el Ca (97). Se ha valorado colorimétricamente utilizando amarillo de tiazol (107), siguiendo la técnica de Sandell. Las medidas se realizaron con un absorciómetro Spekker, utilizando cubetas de 4 cms. y el filtro verde 605 (550 mμ). Para las soluciones patrón se utilizaron, magnesio metálico y $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Manganeso

La fracción de manganeso útil para las plantas es extraída con diferentes soluciones según los autores (20,46,85). Nosotros utilizamos como extractor el acetato amónico normal neutro. La extracción se ha realizado según se indicó para el Ca (97). El manganeso se ha valorado colorimétricamente por oxidación a permanganato; el oxidante utilizado ha sido el periodato potásico.

El hierro se ha extraído en unión de los otros cationes, según la técnica indicada (97), en la que la separación del hierro y el aluminio se obtiene oxidando y alcalinizando. La valoración se hizo colorimétricamente utilizando la O-fenan-trolina que con este metal en su forma ferrosa da lugar a un compuesto naranja. La técnica seguida es la indicada por Sandell (107) empleando el absorciometro Spekker H 760, con cubetas de 4 cms. y filtro verde nº 604 (525 mμ). Las soluciones patrón se prepararon con sal de Mohr y hierro electrolítico.

Aluminio

La extracción del aluminio se puede realizar con diferentes soluciones extractoras (18), teniendo influencia la acidez de las mismas en el equilibrio de las formas solubles de este elemento. Aunque en determinados casos las cantidades que se extraen con acetato amónico normal neutro son pequeñas, lo hemos utilizado en nuestro trabajo, dadas las características de los suelos. La extracción y separación del aluminio se realizó según Piper (97) y la valoración colorimétricamente utilizando el reactivo aluminón (107). Las lecturas se hicieron con el aparato ya citado utilizando cubetas de 1 cm. y filtro verde 604 (525 mμ). En la preparación de la solución patrón se emplearon alumbre potásico y $AlCl_3$.

RESULTADOS ANALITICOS

T A B L A 3

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL I

Horiz.	pH	C %	N %	O/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Na ppm.	Po ppm.
A ₀	4,50	11,27	1,01	11,2	19,4	2,2	4,2	5,1	16	28,8	4,3
A ₁	5,05	4,57	0,38	12,0	7,9	1,8	6,1	2,9	8	5,4	0,8
A ₂	5,40	4,50	0,35	12,8	7,7	1,6	2,5	4,0	18	6,2	0,7
B	5,20	0,58	0,06	9,7	1,0	1,2	2,5	5,0	18	8,6	4,0
C	5,50	0,11	0,02	5,5	0,2	1,4	1,6	5,0	16	1,9	0,0

T A B L A 4

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL II

Horiz.	pH	C %	H %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Pb ppm.
A ₀	4.80	10.31	0.69	11.4	17.8	1.8	6.6	5.2	16	3.0	5.2
A ₁	5.05	9.41	0.67	14.0	16.2	1.4	3.0	5.9	7	0.5	3.2
A ₂	5.40	4.89	0.39	12.6	8.4	1.2	3.4	4.0	13	1.2	1.5
B	5.20	1.12	0.23	5.0	1.9	1.6	2.9	7.9	7	1.0	1.4
O	5.50	0.23	0.04	5.8	0.4	1.8	1.8	5.0	7	0.9	1.2

T A B L A 2

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL III

Horis.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Fe ppm.
A ₀	4,75	10,56	1,01	10,5	18,2	2,6	4,4	9,9	34	1,4	8,3
A ₁	4,80	7,92	0,73	10,8	13,7	2,0	6,0	9,0	10	0,6	3,5
A ₂	4,70	7,07	0,45	15,7	12,2	1,8	2,8	7,8	17	0,2	2,1
A(B)	5,25	3,88	0,26	14,9	6,7	2,2	1,3	6,1	7	0,9	1,2
C	5,30	1,35	0,09	15,0	2,3	2,4	1,5	7,1	9	0,8	0,2

T A B L A 6

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL IV

Horis.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Na ppm.	Po ppm.
A ₀	6,10	4,60	0,35	13,1	7,9	2,2	16,8	15,2	40	2,7	0,7
A ₁	5,90	6,17	0,53	11,9	10,6	1,8	12,0	13,3	32	3,4	0,7
A ₂	5,45	1,97	0,15	13,1	3,4	1,8	7,5	ind.	13	4,7	6,0
B ₁	5,20	2,44	0,19	12,8	4,2	1,6	3,2	ind.	13	0,4	2,9
B ₂	5,30	0,19	0,04	4,8	0,3	1,4	6,4	ind.	13	3,7	1,2
C	5,70	0,09	0,08	4,5	0,2	1,6	4,4	ind.	18	1,5	0,0

T A B L A 7

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL Y

Horiz.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Pb ppm.
A ₀	4,90	12,63	1,09	11,6	21,8	2,4	16,5	5,2	8	0,8	3,2
A ₁	5,50	4,12	0,34	12,1	7,1	1,6	1,8	4,0	5	0,8	1,7
A ₂	5,75	3,42	0,24	14,2	5,9	2,0	6,2	3,0	3	0,9	0,6
C	5,35	1,17	0,08	14,5	2,0	2,0	1,2	7,8	8	0,8	0,1

T A B L A 8

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL VI

Horiz.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Na ppm.	Fe ppm.
A ₁	5,20	8,44	0,52	16,2	14,6	1,6	11,2	4,9	22	0,2	1,7
A ₂	5,45	7,06	0,51	13,8	12,2	1,6	5,1	2,1	10	0,3	2,3
A ₃	5,45	6,08	0,31	19,6	10,5	1,8	2,2	3,0	10	0,1	1,3
A(C)	5,40	3,74	0,19	19,6	6,5	1,6	2,3	2,1	5	0,4	0,2

T A B L A 2

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL VII

Horiz.	pH	C %	H %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Na ppm.	Pb ppm.
A ₀	4,85	10,83	0,65	16,7	18,7	2,4	4,2	10,0	24	0,6	2,6
A ₁	5,30	4,49	0,21	21,4	7,7	2,7	2,9	5,1	2	0,5	0,6
A ₂	5,65	2,61	0,17	15,3	4,5	2,4	6,6	6,0	13	0,6	1,0
C	5,70	0,38	0,05	7,6	0,7	2,6	2,7	25,0	7	1,4	2,6

T A B L A 10

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL VIII

Horiz.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Fe ppm.
A ₀	4,90	9,56	0,76	12,8	16,5	2,8	17,8	16,1	46	1,9	2,8
A ₁	5,30	4,48	0,38	11,8	7,7	2,6	5,7	11,7	15	0,7	1,3
A(B)	5,40	1,37	0,13	10,5	2,4	3,5	5,4	9,9	12	0,8	1,2
C	5,85	0,42	0,04	10,5	0,7	1,6	4,0	14,2	16	0,2	1,2

T A B L A 11

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL IX

Horiz.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Fe ppm.
A ₀	5,15	11,74	0,70	16,8	20,2	2,4	16,9	7,2	12	0,6	4,5
A ₁	5,40	8,61	0,48	17,9	14,8	1,5	8,9	6,1	14	0,6	2,6
A ₂	5,70	2,49	0,15	16,6	4,3	1,6	4,2	7,3	1	0,6	2,0
C	6,80	0,09	0,02	4,5	0,2	2,4	1,8	8,0	1	0,4	0,4

T A B L A 12

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL I

Horiz.	pH	C %	H %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Pb ppm.
A ₀	4.95	11.82	0.83	14.2	20.3	2.6	6.5	9.0	8	0.6	2.2
A ₁	5.20	6.78	0.46	14.7	11.7	2.0	6.1	9.8	14	0.5	1.2
A ₂	5.50	2.18	0.15	14.5	3.8	1.6	2.4	10.1	8	0.6	0.9
B	5.05	0.49	0.05	9.8	0.8	2.2	4.5	9.2	6	3.2	0.7
C	5.75	0.25	0.04	6.2	0.4	2.8	4.9	13.9	3	1.6	0.6

T A B L A 13

VALORES ANALITICOS DEL PERFIL XI

Horiz.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Pb ppm.
A ₀	5,00	11,91	1,15	10,4	20,5	3,2	4,8	10,8	35	1,6	5,2
A ₁	5,20	8,16	0,64	12,7	14,1	2,0	8,8	8,1	11	1,5	3,6
(B)	6,00	1,48	0,12	12,3	2,6	3,8	8,5	8,8	4	0,6	1,4
C	6,75	0,23	0,05	4,6	0,4	1,8	4,9	9,1	4	0,3	0,7

T A B L E 14

Horiz.	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Fe ppm.
A ₀	5.20	8.92	0.67	13.3	15.4	2.0	18.4	84.1	220	56.2	2.0
A ₁	5.35	4.78	0.39	12.2	8.2	1.2	6.9	42.0	163	5.5	0.6
A ₂	5.65	1.25	0.15	8.3	2.2	1.2	10.8	10.3	40	0.8	1.3
B ₁	5.85	0.49	0.10	4.9	0.8	2.4	5.1	12.2	25	0.6	0.1
B ₂	5.75	0.46	0.06	7.6	0.8	1.0	5.0	14.3	49	0.8	0.6
C	5.80	0.10	0.04	2.5	0.2	1.1	4.5	16.9	130	0.4	0.4

VALORES ANALITICOS DE LOS SUELOS AGRICOLAS

Número	pH	C %	N %	O/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Pb ppm.
1	5,75	3,54	0,30	11,8	6,10	3,4	18,4	105,2	110	14,2	1,2
2	5,15	3,50	0,27	9,4	6,03	4,8	6,0	60,1	89	13,6	4,8
3	5,80	2,40	0,24	10,0	4,14	7,4	28,8	85,0	240	17,3	2,8
4	5,20	2,82	0,26	10,8	4,86	2,0	13,2	38,2	96	25,8	1,5
5	5,80	2,12	0,23	9,2	3,65	3,2	20,6	44,8	85	2,9	1,4
6	5,70	1,10	0,19	5,8	1,90	3,2	27,4	34,6	69	32,6	1,3
7	5,50	1,96	0,18	10,8	3,38	0,4	9,5	34,7	45	17,4	1,2
8	6,25	2,08	0,18	11,5	3,59	10,2	18,1	110,0	123	8,8	1,0
9	5,95	1,91	0,19	10,1	3,29	2,2	23,5	53,8	80	5,4	0,5

Número	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Fe ppm.
10	5,35	2,21	0,21	10,5	3,81	2,4	9,2	35,7	28	21,3	1,3
11	5,20	4,29	0,41	10,5	7,48	3,2	10,1	60,2	147	12,9	0,8
12	5,70	2,57	0,27	9,5	4,43	3,4	21,0	72,1	120	15,5	1,3
13	5,40	2,81	0,29	9,6	4,84	5,8	18,6	22,2	20	21,3	1,9
14	5,25	2,22	0,18	12,3	3,83	0,9	18,6	31,8	59	20,2	1,4
15	5,60	3,90	0,41	9,5	6,72	2,8	11,0	59,7	106	25,8	3,9
16	5,50	2,35	0,24	9,8	4,05	11,4	24,2	164,5	73	5,6	2,0
17	5,30	2,72	0,29	9,4	4,69	9,7	22,5	68,2	30	7,1	2,7
18	6,05	3,30	0,31	10,6	5,69	4,6	28,0	72,1	84	15,5	3,1
19	4,95	4,06	0,29	13,9	7,00	3,8	8,5	38,0	42	22,8	3,0
20	6,20	4,44	0,28	15,8	7,65	3,6	16,3	85,6	94	23,7	2,1
21	6,10	3,46	0,28	12,3	5,97	8,2	13,2	92,1	25	9,6	1,9
22	6,10	4,16	0,36	11,5	7,17	3,2	9,4	30,4	49	7,0	4,6

Número	pH	C %	N %	C/N	mat. org. %	P ₂ O ₅ mg/100	K ₂ O mg/100	Ca mg/100	Mg ppm.	Mn ppm.	Fe ppm.
23	6,10	5,37	0,44	12,2	9,26	3,4	20,5	29,9	35	4,2	6,8
24	6,10	2,43	0,19	12,7	4,19	5,6	20,3	44,1	45	7,2	2,4
25	6,25	3,18	0,28	11,3	5,48	7,8	12,5	108,3	79	8,2	3,1
26	6,25	2,74	0,26	10,5	4,72	9,9	15,0	57,5	69	16,3	1,3
27	6,00	2,80	0,24	11,6	4,83	9,3	15,8	83,8	28	8,7	4,2
28	6,15	4,18	0,25	16,7	7,21	19,6	11,8	147,1	12	7,0	1,0
29	6,80	3,72	0,28	13,3	6,41	26,9	21,4	210,5	59	5,6	3,4
30	6,55	4,26	0,30	14,2	7,34	23,8	28,9	211,3	58	5,9	1,8
31	6,30	3,80	0,30	12,7	6,55	16,5	7,4	173,2	118	18,9	1,9
32	6,20	3,56	0,29	12,3	6,14	13,6	18,6	168,2	78	2,9	3,6
33	6,05	3,50	0,31	11,3	6,03	16,8	8,7	134,4	139	7,2	0,3

Del número 1 al 27 son las muestras de cultivo tradicional; del 28 al 33, las bien tratadas.

ESTUDIO Y DISCUSION

Vamos a estudiar en primer lugar, para cada elemento, los resultados analíticos dados en las tablas 3-15. De los suelos agrícolas el 18% corresponden a terrenos que reciben tratamientos racionales de cultivo, los otros, recogidos al azar, los consideramos en un grupo al que llamaremos de cultivo o tratamiento tradicional. Del estudio de los resultados medios de los suelos de este último grupo y del total de las muestras esperamos deducir la evolución que pueden experimentar estos suelos para un mayor y mejor aprovechamiento agrícola. En las gráficas se destacan adecuadamente los suelos que convenimos en llamar bien tratados.

De la descripción de los perfiles de los suelos naturales se puede observar la variabilidad de los de ladera, cuya influencia en los de valle queremos determinar en último extremo en este trabajo. Por ello hemos establecido una división arbitraria en profundidad y en cada uno de los perfiles hemos considerado una capa superficial, una superior (que contiene la superficial), una

media y otra profunda. O sea, que todos los perfiles se han dividido en cuatro capas u horizontes por su altura. Hemos determinado, también, el valor medio de cada perfil para cada elemento, el cual consiste en una media que contiene la altura de cada horizonte natural y su contenido, en el elemento correspondiente: $\frac{\sum h \cdot e}{n}$, donde h = altura; e = contenido; n = altura total del perfil.

Por último estudiaremos la posible relación de cada uno de estos valores de los suelos de ladera con los suelos de valle realizando el análisis estadístico correspondiente.

En la tabla 15 se pueden ver los valores del pH hallados para los suelos agrícolas. Todos los factores externos contribuyen, en la zona estudiada, a la acidez de los mismos. La roca madre, es en la mayor parte de los casos, granito y en los restantes gneis, rocas que dan un elevado porcentaje de suelos ácidos (3). Como anteriormente indicamos el clima es húmedo, con grandes precipitaciones, lo que generalmente acidifica superficialmente los suelos. La actividad biológica natural es muy intensa y tanto el CO_2 producido por las raíces, como la absorción por ellas de las bases y la acción bacteriana y fúngica tienden a producir acidificación en ellos.

Se da en la tabla 16 un resumen de los datos de la tabla 15, indicándose, por separado, los valores para los suelos de cultivo tradicional, y para todos los suelos, que ,como se señaló, consistan en los de valle - de cultivo tradicional - más los considerados bien tratados.

T A B L A 16

Suelos	Media	Máximo	Mínimo	σ	σ_v	ϵ
TRADICIONAL	5,70	6,25	4,95	0,40	6,9%	0,0076
TODOS	5,85	6,80	4,95	0,45	7,7%	0,0077

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad por ciento y errores standard del pH de los suelos agrícolas.

Los pequeños coeficientes de variabilidad nos señalan el fuerte poder tampón de estos suelos, que alteran relativamente poco su valor por efectos de los tratamientos tradicionales, entre los que existen adiciones de materiales calizos - abundantes y de origen marino en la costa -. Se puede observar como la adición a las muestras de valle, de las consideradas " a priori " bien tratadas, aumentan los valores máximo y medio, aunque no se señalan variaciones notables en las funciones estadísticas estudiadas.

Damos en la tabla 17 la distribución, en intervalos de pH, de los suelos investigados, en número y en porcentaje, observándose como todos los suelos bien tratados poseen pH superior a 6,10, lo que se ve más claramente en la fig 8.

T A B L A 17

Intervalo de pH		<u>CULTIVO TRADICIONAL</u>		<u>TODOS LOS SUELOS</u>	
		número	%	número	%
	5	1	4	1	3
5	- 5,45	7	26	7	21
5,5	- 5,95	9	33	9	27
6,0	- 6,45	10	37	14	43
	6,5	—	—	2	6

Distribución de los suelos por su acidez, en porcentaje y en número de muestras.

Puede observarse, por tanto, como estos suelos aumentan su pH con tratamientos adecuados y si las diferencias encontradas no son mayores, es debido a que los tratamientos tradicionales incluyen prácticas que tienden a rebajar la acidez excesiva de los suelos.

En la tabla 18 se da la distribución de aquel factor en los suelos naturales. El lavado de las sales alcalinas y alcalino-térreas en los climas húmedos hará que

DISTRIBUCION DE LOS SUELOS AGRICOLAS SEGUN SU ACIDEZ

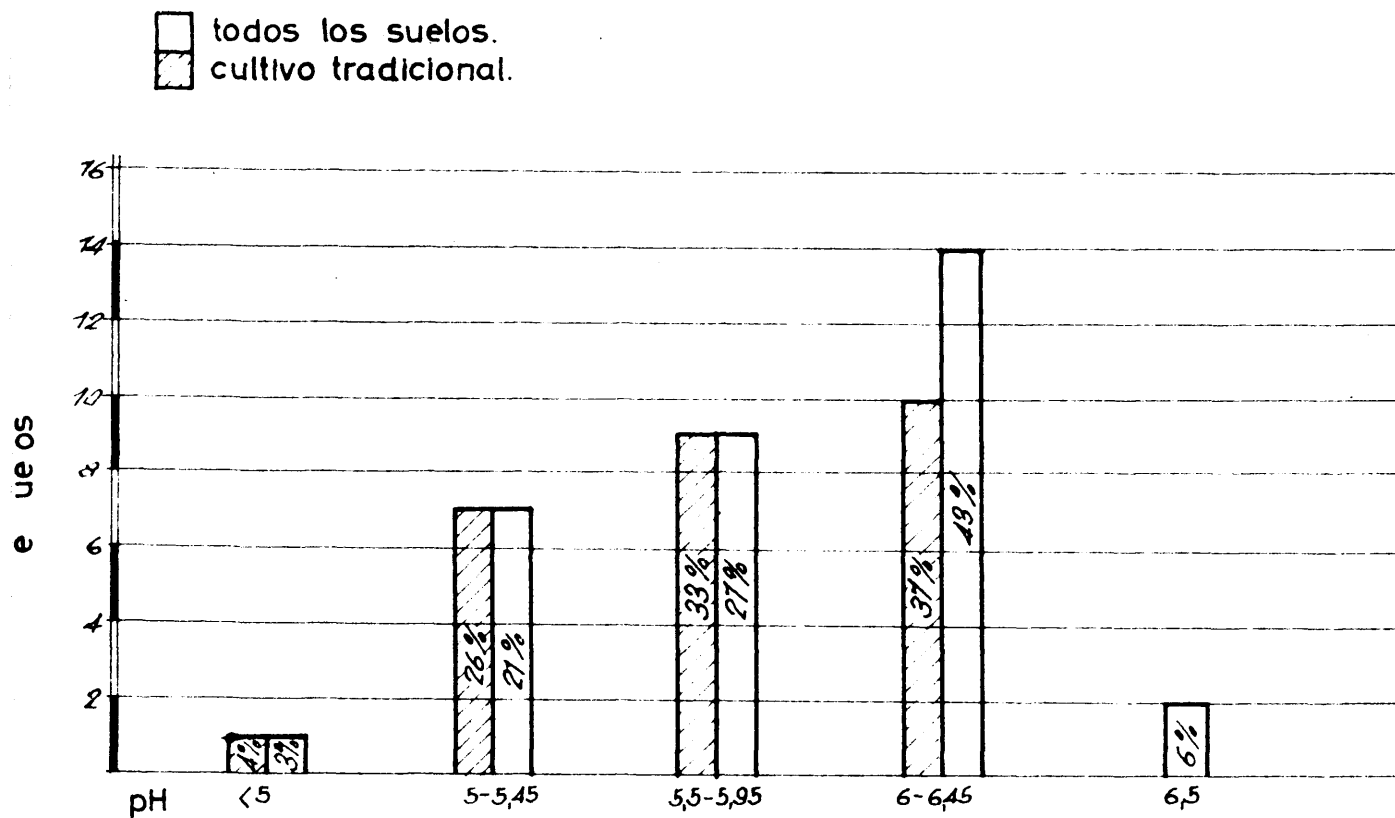


FIGURA 8.- Histograma de distribución de los suelos agrícolas por su acidez. En el interior de las columnas se dan los porcentajes correspondientes.

fundos. Así se observa, que, en general, aumenta con la profundidad en la mayor parte de los perfiles, y que el incremento es variable, entre muy pequeño en el perfil VI, en el que se pasa de 5,20 a 5,40, hasta alteraciones como las del perfil XI, en el que el pH aumenta de 5,0, en el horizonte superficial, a 6,75 en el profundo.

Las variaciones con la altura se pueden ver en la fig. 9. Se observa como los suelos de ladera muestran curvas de evolución del pH con la profundidad muy semejantes, con algunas alteraciones como los perfiles II y I, que señalan una disminución en su horizonte medio, mas no en el último, con incremento posterior al aumentar la profundidad.

El perfil IV se comporta de forma anormalmente diferente lo que indica que ha sido modificado, a pesar de que en mucho tiempo no se dedicó al cultivo. El pH 6,10 del horizonte superficial y su curva de variación no corresponden a un suelo natural. El perfil XII muestra una gran regularidad y su comportamiento sigue las predicciones teóricas, dadas sus características.

El estudio estadístico de los suelos de ladera que se resume en la tabla 19 nos señala la gran similitud de los mismos en la zona, con unos coeficientes de variabilidad, que a excepción del correspondiente al horizonte profundo, son bajos. Las menores variaciones aparecen

T A B L A 18

VALORES DEL pH EN LOS SUELOS NATURALES

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
HORIZONTES:												
Superficial	4,50	4,80	4,75	4,90	5,20	4,85	4,90	5,15	4,95	5,00	6,10	5,20
Superior	5,05	5,05	4,80						5,20		5,90	5,35
				5,50	5,45	5,30	5,30	5,40		5,20		
	5,20	5,40	4,70						5,50		5,45	5,65
Medios	5,25	5,20	5,25	5,75	5,45	5,65	5,40	5,70	5,05	6,00	5,20	5,85
											5,30	5,75
Inferior	5,40	5,50	5,30	5,35	5,40	5,70	5,85	6,80	5,75	6,75	5,70	5,80
MEDIA	5,18	5,25	5,05	5,45	5,33	5,47	5,45	5,78	5,31	5,97	---	---

T A B L A 19

HORIZONTES	Media	σ	C_v	ϵ
Superficial	4,90	0,040	4,08%	0,06
Superior	5,16	0,031	3,45%	0,05
Medio	5,47	0,088	5,43%	0,09
Inferior	5,78	0,308	9,60%	0,17
Media	5,42	0,076	5,06%	0,08

Valores medios de la acidez de los horizontes de los suelos de ladera, desviación típica, coeficiente de variabilidad y error standard de los mismos.

en el horizonte superior, que corresponde, en la mayor parte de estos suelos, a su horizonte orgánico, y las mayores, ya señaladas, al profundo que en algunos perfiles de acumulación es todavía bastante ácido.

II

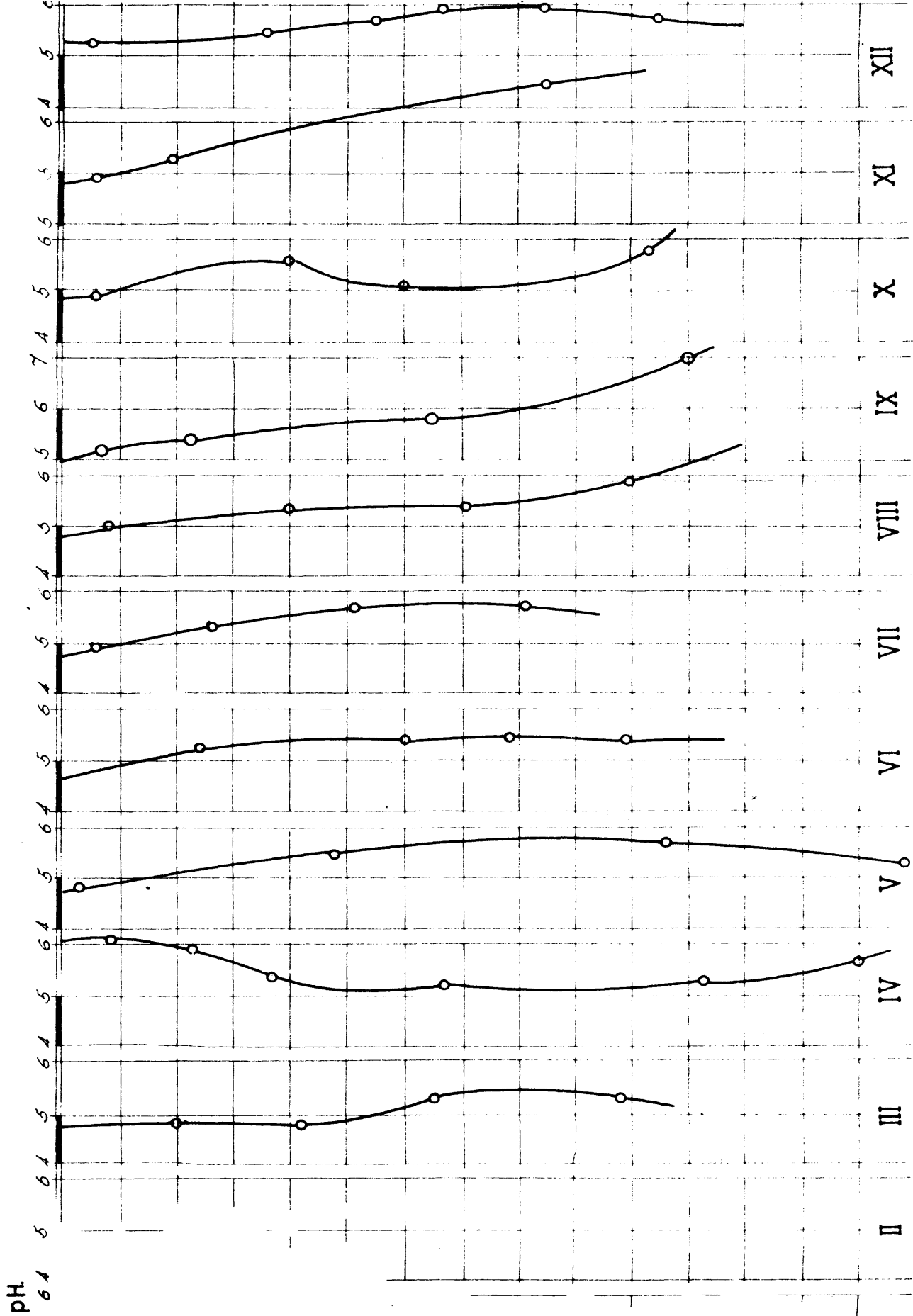


FIGURA 9.- Curvas de distribución, con la profundidad, del pH de los suelos naturales; las cifras romanas indican el número de cada suelo.

En la tabla 15 se presentan los resultados hallados para el contenido en materia orgánica de los suelos agrícolas, que oscila entre un mínimo de 1,90% y un máximo de 9,26%.

En ellos, además de las fuentes naturales de materia orgánica, existen las aportaciones que realiza el hombre a los cultivos. Se añaden estiércoles, restos de excrementos de animales mezclados intimamente y fermentados con residuos vegetales, utilizando diversos materiales de origen orgánico. En la zona estudiada no son raras, en los valles del litoral, aportaciones de restos marinos, tanto de pescado como de moluscos y crustáceos, y en algunas partes, algas; los estiércoles también son variados, aunque los más generalizados son los procedentes de ganado vacuno, en cuyas cuadras se usa como cama el tojo (*Ulex*), al que también se añade en abundancia paja de maíz. Por todo ello y debido a las aportaciones elevadas que se emplean, los suelos son generalmente de contenido bastante alto en materia orgánica, pues aunque las transformaciones de estos materiales sean rápidas, como indican Henin y Dupuis (94) y en dos años desaparecen del 60 al 70% de lo aportado al terreno, van quedando los compuestos humificados que son más estables y hacen que las tierras de labor que reciben periódicamente grandes

cantidades de materia orgánica mantengan un elevado nivel de carbono.

Por otra parte, la velocidad de descomposición de las estructuras carbonadas organizadas es función de las condiciones del medio, puesto que las cantidades de CO_2 y de N mineralizado, que se forman, varían en contenido y proporción según diversos factores. Entre los factores externos, ajenos al humus en sí, podemos considerar los climáticos, que en nuestro caso presentan dos épocas bien definidas - invierno, verano - con períodos muy húmedos o muy secos en varios meses del año, capaces de alterar la actividad biológica y de provocar una pérdida no muy elevada de materia orgánica. Otro de los factores externos, la roca madre, actúa también en este caso de manera similar al clima, puesto que las rocas ácidas mantienen un nivel de bases que no es precisamente el óptimo para el metabolismo de los microorganismos del suelo, causantes de la destrucción de la materia orgánica.

Los factores de origen o internos son también del mismo orden que los mencionados, puesto que las aportaciones a los suelos son mezclas de materiales jóvenes, de fácil descomposición, reunidos con restos de cereales más difíciles de alterar.

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	ϵ
TRADICIONAL	2,99	5,37	1,10	0,98	42,7%	0,18
TODOS	3,14	5,37	1,10	0,87	29,7%	0,16

Valores máximos,medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad por ciento, y errores standard del contenido en carbono de los suelos agrícolas (%).

Resumimos en la tabla 20 los datos analíticos del contenido en carbono de los suelos agrícolas, expresado en tanto por ciento; en ella se dan los valores indicados en el estudio del pH.

Los valores máximo y mínimo son los mismos para los dos grupos de suelos considerados, pero la media se desplaza, aumentando, disminuyendo notablemente el coeficiente de variabilidad al considerar todos los de valle más los adecuadamente tratados. Esto indica que existe pérdida de materia orgánica en ellos y que el aporte que los labradores realizan es fundamental para el mantenimiento de la productividad. Las diferencias, aunque pequeñas, y dado que todos los suelos reciben estiércol, confirman lo indicado de que los factores de transfor-

ción y destrucción de la materia orgánica, aunque no son óptimos teóricamente, facilitan, en gran manera, la descomposición de aquella.

En suelos naturales de vegetación permanente, la materia orgánica condiciona un ciclo biológico de elementos nutritivos.. Si la vegetación no es extraída, en todo o en parte, en el lugar donde se desarrolla se origina un círculo cerrado en donde los vegetales devuelven al terreno la que en forma de nutrientes han tomado de él. Estas sustancias nutritivas están en la materia orgánica fresca, compuesta por los restos vegetales, y que son liberados por la mineralización, pero como ésta puede ser rápida o lenta, si sucede esto último se forma una capa oscura, espesa, de restos incompletamente transformados, en la superficie del suelo mineral. Todos los suelos naturales de la zona poseen una abundante capa orgánica, de carácter ácido, que en los perfiles de acumulación llega a bastante distancia de la superficie.

En la tabla 21 se dan los valores del contenido en carbono de los suelos naturales; en los de ladera, los horizontes superiores son mucho más ricos que los profundos, siendo bastante similares los valores hallados para el horizonte superficial, con un máximo, expresado en materia orgánica, de 21,77%. Los perfiles III, V y

CONTENIDO EN CARBONO, POR CIENTO, DE LOS SUELOS NATURALES

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Superficial	11,27	10,31	10,56	12,63	8,44	10,83	9,56	11,74	11,82	11,91	4,60	8,92
Superior	4,57	9,41	7,92						6,78		6,17	4,78
				4,12	7,06	4,49	4,48	8,61		8,16		
	4,50	4,89	7,07						2,18		1,97	1,25
Medio	0,58	1,12	3,88	3,42	6,08	2,61	1,37	2,49	0,49	1,48	2,44	0,49
											0,19	0,46
Inferior	0,11	0,23	1,35	1,17	3,74	0,38	0,42	0,09	0,25	0,23	0,09	0,10
MEDIA	2,80	4,10	4,91	3,53	6,91	3,43	3,37	4,01	2,79	3,48	-	-

VI aún en las capas profundas presentan un contenido bastante alto,

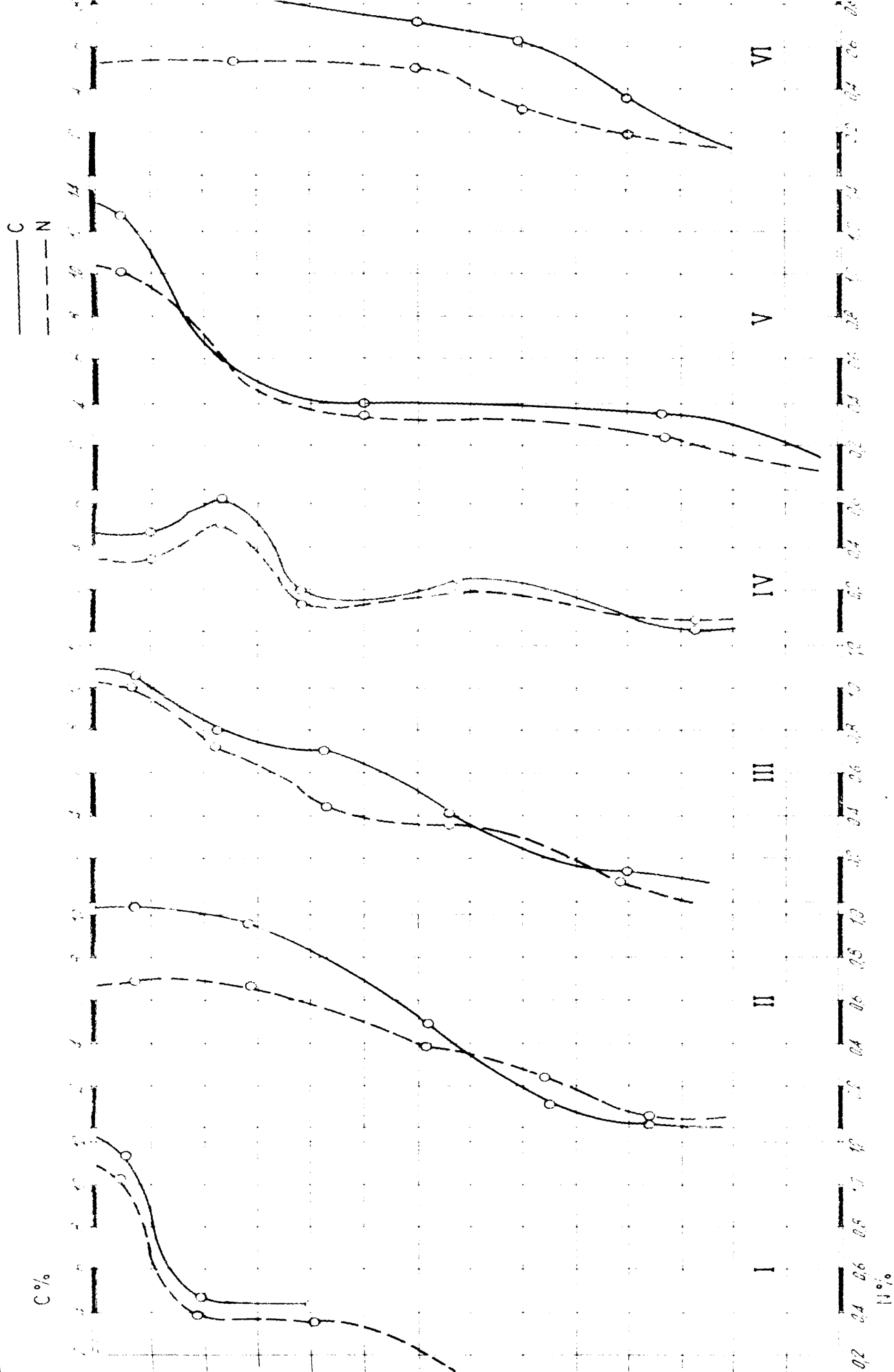
En la fig. 10 se pueden seguir las variaciones del contenido en carbono con la profundidad y se observa que solamente el perfil IV da una curva sensiblemente diferente con dos variantes. En la superficie su valor es más bajo que en el horizonte inmediato inferior y se reproduce un aumento en el horizonte B, que parece señalar una ligera podzolización. También se observa claramente en los suelos III, y sobre todo, en los V y VI la acumulación de materiales carbonados hasta bastante profundidad.

T A B L A 22

Horizontes	Media	σ	C_v	ϵ
Superficial	10,91	1,24	11,4%	0,16
Superior	7,11	1,73	24,2%	0,28
Medio	2,35	1,74	74,0%	0,30
Inferior	0,80	1,12	140,0 %	0,13
Media	3,93	1,22	31,0%	0,15

Valores medios de contenido en carbono de los horizontes de los suelos de ladera, desviación típica, coeficiente de variabilidad y errores standard de los mismos.

DISTRIBUCION DE C Y N EN SUELOS NATURALES



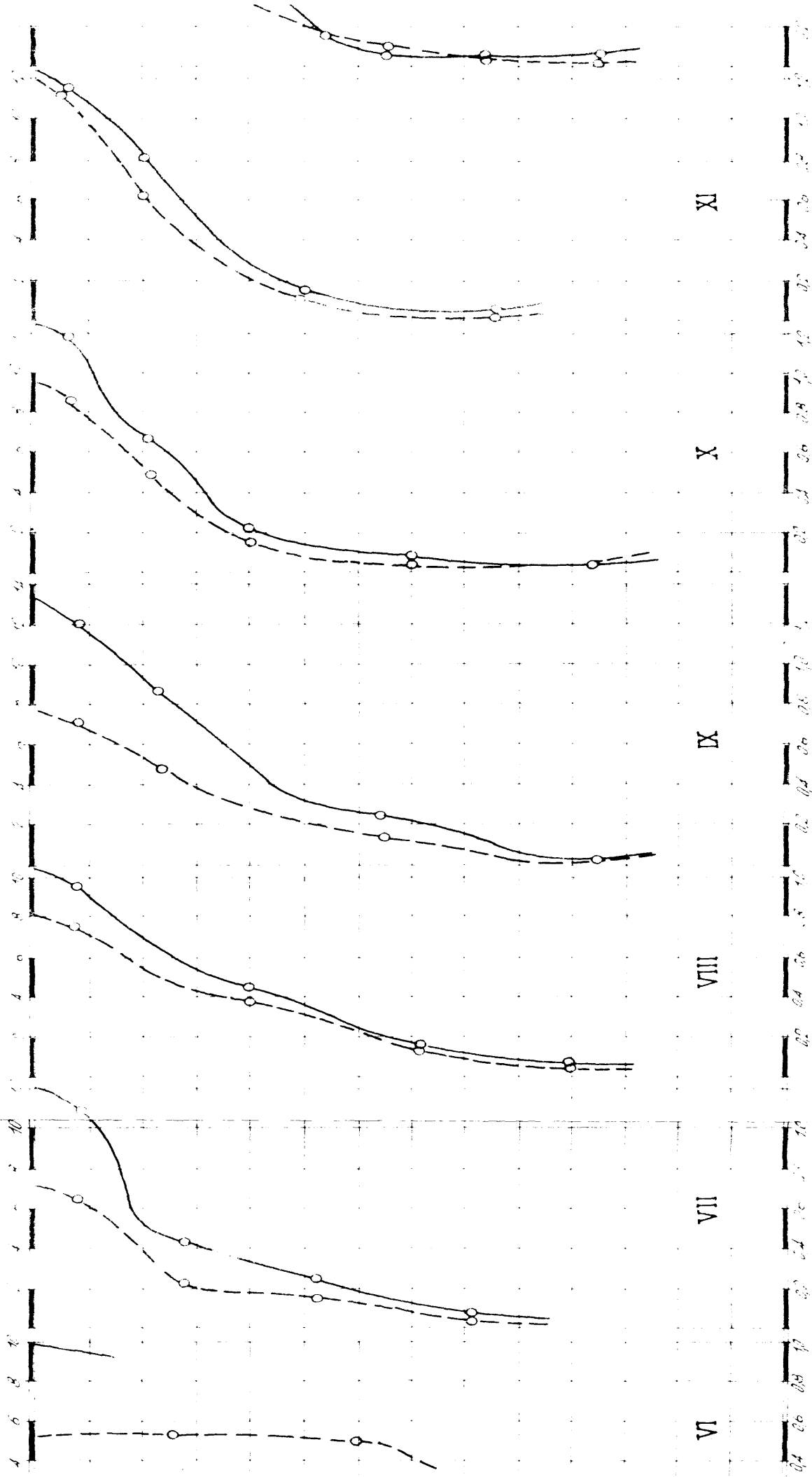


FIGURA 10.- Curvas de distribución, con la profundidad, del contenido en carbono y nitrógeno, en tanto por ciento, en los suelos naturales; las cifras romanas indican el número de cada perfil.

Del estudio del contenido en carbono de los suelos de ladera, cuyo resumen damos en la tabla 22, se desprende lo siguiente: A medida que se profundiza el coeficiente de variabilidad aumenta, llegando a valores elevadísimos en el horizonte llamado inferior; es indudable que los perfiles de acumulación son los que provocan estas grandes variaciones. Como ya se señaló, el coeficiente que se obtiene para la capa superficial indica una gran similitud entre las muestras.

Damos en la tabla 15 los contenidos en nitrógeno total, en tanto por ciento, en los suelos agrícolas. Dichos valores oscilan entre un mínimo de 0,18 y una máxima de 0,44%. En la tabla 23 se resume el estudio de los mencionados valores.

T A B L A 23

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	E
TRADICIONAL	0,27	0,44	0,18	0,070	25,0%	0,014
TODOS	0,28	0,44	0,18	0,067	23,9%	0,012

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad y errores standard del contenido en nitrógeno total de los suelos agrícolas.

Casi no existen, en este caso, diferencias en los valores según se consideren los suelos de cultivo tradicional solamente o todos los suelos agrícolas, si no es en la ligera disminución del coeficiente de variabilidad. Esto parece indicar que la pérdida de nitrógeno que supone el cultivo es del mismo orden medio que las aportaciones que realiza el agricultor y que por lo tanto el suelo conserva sensiblemente inalterable su nitrógeno total. Pero no conocemos más materiales nitrogenados, entre los aportados, que los procedentes de la materia orgánica, por lo que debe existir cierta relación entre el carbono y el nitrógeno en estos suelos.

Jenny (73) ya había considerado la pérdida de nitrógeno originada por el cultivo como pérdida de materia orgánica, y Smith y colaboradores (113) valoran esta pérdida en más de un 50%, para un período de tiempo grande, en los suelos cultivados. Pero si se realizan adiciones fuertes de sustancias orgánicas no solo se puede mantener un nivel conveniente de nitrógeno y carbono, sino que incluso es posible aumentar la cantidad de nitrógeno de los suelos agrícolas, en relación con los naturales similares (57).

Estas aportaciones hacen, pues, que los suelos considerados sean de un contenido bastante bueno en nitrógeno, y la influencia de los factores externos que hemos señalado para el metabolismo del carbono del suelo, pue

de ser aplicada a las transformaciones de aquel elemento (58).

Para confirmar la estrecha relación, que en los suelos de las características de los estudiados, debe existir entre el carbono o materia orgánica, y el nitrógeno total, se ha determinado el coeficiente de correlación entre ambos valores. Cuando se consideran solamente de los tratamiento tradicional el valor de r es de 0,873 y si se tienen en cuenta todos los suelos r vale 0,836; valores ambos de una probabilidad de significación muy alta y que parecen probar la hipótesis de que la mayor parte del nitrógeno es de origen orgánico..

Hemos determinado las rectas de regresión correspondientes y las ecuaciones encontradas son:

Todos los suelos: Nitrógeno = $0,060 \times \text{Carbono} + 0,09$
(error standard 0,05)

Cultivo tradicional: $N = 0,068 \times C + 0,12$
(error standard 0,07)

En la fig. 11 se representa la primera de ellas y se puede ver la situación de los suelos considerados bien tratados, que corresponde a la zona de valores más elevados para las muestras analizadas.

En los suelos naturales las cantidades de nitrógeno y su distribución es paralela a la del carbono. En la

REGRESION C-N EN SUELOS AGRICOLAS

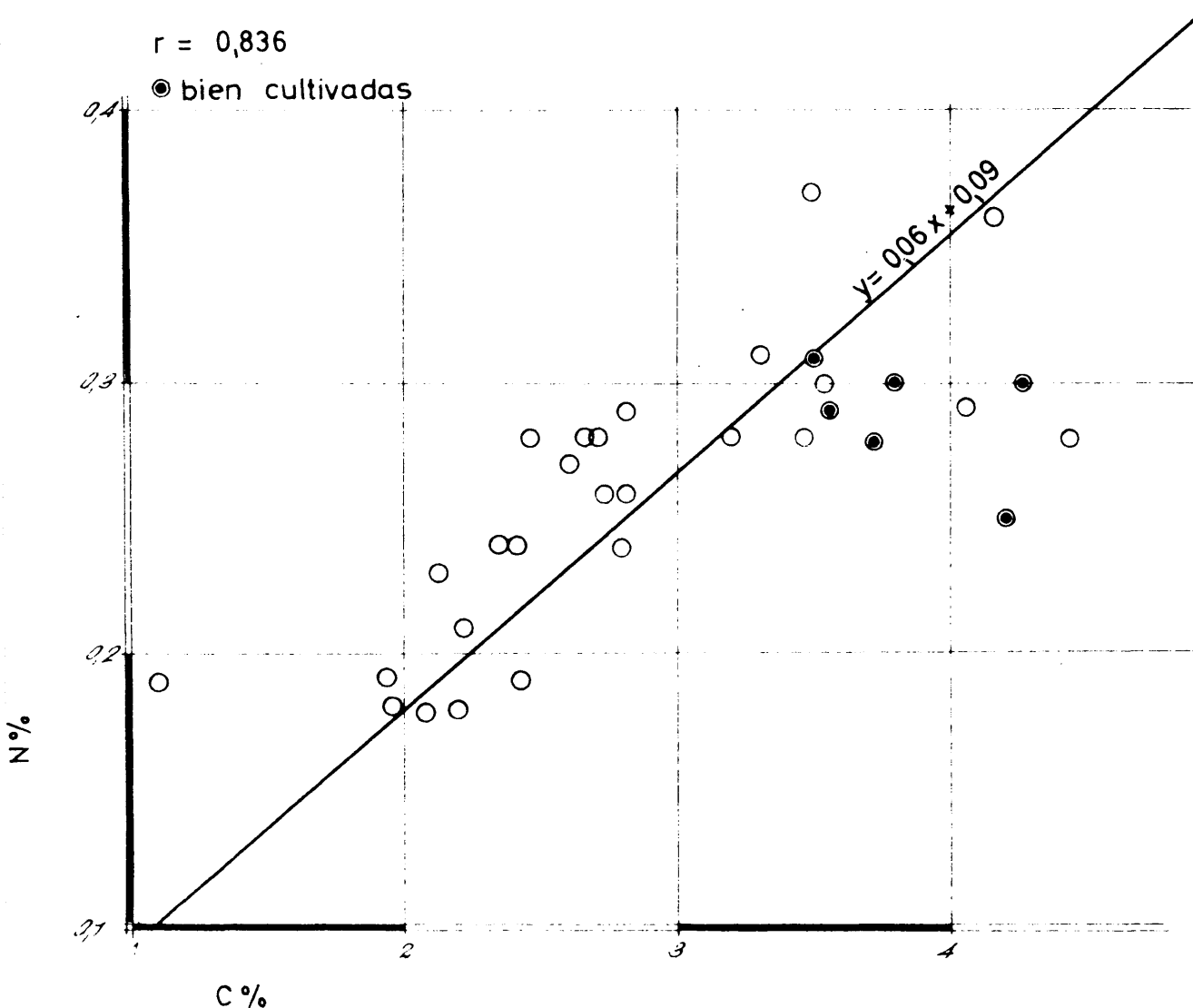


FIGURA 11.- Variación del contenido en nitrógeno, con la cantidad de carbono, en los suelos agrícolas.

CONTENIDO EN NITROGENO, POR CIENTO, DE LOS SUELOS NATURALES

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	XII
HORIZONTES												
Superficial	1,01	0,69	1,01	1,09	0,52	0,65	0,76	0,70	0,83	1,15	0,35	0,67
Superior	0,38	0,67	0,73						0,46		0,53	0,39
	0,35	0,39	0,45	0,34	0,51	0,21	0,38	0,48		0,64		
									0,15		0,15	0,15
Medio	0,06	0,23	0,26	0,24	0,31	0,17	0,13	0,15	0,05	0,12	0,19	0,10
											0,04	0,06
Inferior	0,02	0,04	0,09	0,08	0,19	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04
MEDIA	0,24	0,39	0,35	0,28	0,42	0,21	0,28	0,24	0,20	0,31	- - - - -	- - - - -

tabla 24 se pueden ver las cantidades de nitrógeno, por ciento, en los distintos perfiles y como para aquél, a excepción del perfil IV, el horizonte superficial es el de mayor riqueza en nitrógeno, con un valor máximo de 1,15%. La distribución con la profundidad se observa en la fig. 10, en la que se puede comprobar como las curvas son muy semejantes a las que dan las variaciones de carbono en todos los suelos estudiados.

T A B L A 25

Horizontes	Media	σ	C_v	ϵ
Superficial	0,84	0,21	25,0%	0,07
Superior	0,52	0,13	25,0%	0,04
Medio	0,17	0,09	52,9%	0,03
Inferior	0,06	0,05	83,3%	0,02
Media	0,29	0,07	24,1%	0,02

Valores medios de contenido en nitrógeno total de los horizontes de los suelos de ladera, desviación típica, coeficiente de variabilidad y errores standard de los mismos.

Resumimos en la tabla 25 el estudio estadístico de los valores del contenido en nitrógeno de los perfiles de ladera. Las variaciones son menos acusadas que para

el carbono, pero presentan la misma tendencia. La variabilidad de los horizontes superficiales y de la media señalan la gran similitud de estos suelos y el valor tan elevado para el horizonte inferior es debido, indudablemente, a los perfiles de acumulación con gran cantidad en nitrógeno y materia orgánica hasta bastante distancia de la superficie.

Como hemos señalado anteriormente uno de los factores edáficos importantes lo constituye la razón entre el contenido en carbono y en nitrógeno de los suelos, mediante el cual se conoce la orientación de la actividad biológica y su intensidad.

Se dan en la tabla 15 los datos de la razón C/N para los suelos agrícolas, con los sorprendentes valores máximo y mínimo de 16,7 y 5,8 respectivamente. En las regiones templadas esta razón se encuentra generalmente entre 10 y 12 (11⁷), aunque el motivo de la ^{ap}arente constancia no es conocido. La estabilidad de este valor para cada suelo es bastante grande, pero en los suelos agrícolas tiende a bajar si no se añaden materiales orgánicos carbonados.

Resumimos en la tabla 26 dichos datos, las medias concuerdan con lo previsto, dadas las características

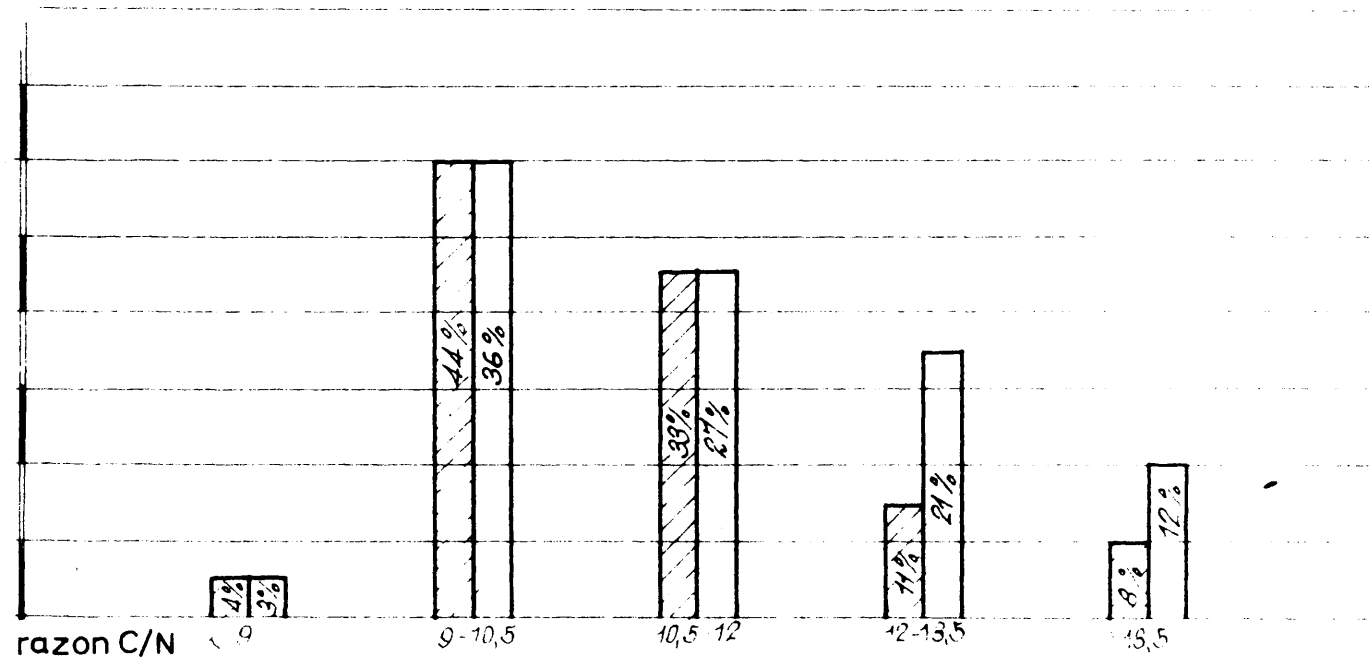
SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	E
TRADICIONAL	10,8	15,8	5,8	1,81	16,7%	0,35
TODOS	11,3	16,7	5,8	2,06	18,2%	0,36

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad por ciento y errores estándar de la razón C/N de los suelos agrícolas.

que concurren en la zona y creemos que las adiciones de paja de maíz y una mayor aportación de materia orgánica a los suelos que consideramos bien tratados agrícolamente es la causa de las pequeñas variaciones observadas en la mencionada tabla. Tanto los máximos - excesivamente elevados - como el mínimo, sobre todo, son anormales, como se puede ver por la distribución de los suelos según la razón C/N. Se puede observar en la fig. 12, en la que en forma de histograma presentamos dicha distribución, como solamente un suelo tienen un valor inferior a nueve, y dos o cuatro, según el grupo que consideramos, superior a 13,5, y que la mayor parte corresponden a valores comprendidos entre 9 y 12.

DISTRIBUCION DE LOS SUELOS AGRICOLAS POR SU RAZON C/N.

□ todos los suelos.
▨ cultivo tradicional.



El número de suelos y porcentaje de esta distribución se dan en la tabla 27. Se puede ver tanto aquí como en la gráfica 12, como la inclusión de los bien tratados aumenta los porcentajes altos de la razón C/N ya que todos ellos tienen valores superiores a 12.

T A B L A 27

Intervalo de la razón C/N	CULTIVO TRADICIONAL		TODOS LOS SUELOS	
	número	%	número	%
9,0	1	4	1	3
9,0 - 10,5	12	44	12	36
10,5 - 12,0	9	33	9	27
12,0 - 13,5	3	11	7	21
13,5	2	8	4	12

Distribución de los suelos agrícolas por su razón C/N, en número de muestras y en porcentaje.

En los suelos naturales, por lo regular, la razón disminuye con la profundidad. Esto parece ser debido en parte al amonio fijado entre los enrejados de las estructuras cristalinas de la arcilla (56,118). Por otra parte la superficie del suelo contiene una mayor proporción de residuos sin descomponer, con mayor valor intrínseco C/N, que contienen compuestos carbonados más pobres

en nitrógeno que los compuestos orgánicos del humus del subsuelo (24). Es posible que parte de la materia orgánica de las zonas profundas haya emigrado de la superficie y que los suelos se comporten a modo de una columna cromatográfica, en la cual la eluviación de los compuestos orgánicos específicos se produce durante su formación. La intensidad de la eluviación de dichos compuestos y la naturaleza de los mismos pueden depender de las condiciones de formación del suelo (117). El descenso de la razón estará influenciado probablemente a causa de que los compuestos más móviles deberán ser los más ricos en nitrógeno.

En la tabla 28 se dan los valores de la razón C/N en los perfiles de los suelos naturales. Se observa una tendencia normal de descenso con la profundidad. Los suelos III, V y VI, éste sobre todo, dan valores muy altos en las capas profundas, mayores que los superficiales, y esto coincide con los anormalmente elevados de carbono a esa profundidad. Como ya hemos señalado, dichos suelos son, especialmente el último, acumulaciones de materiales orgánicos.

Con el objeto de estudiar la posible influencia del pH sobre el carbono y el nitrógeno de los suelos agrícolas, hemos calculado los coeficientes de correlación en

VALORES DE LA RAZON C/N EN LOS SUELOS NATURALES

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	XII
HORIZONTES												
Superficial	11,2	14,9	10,5	11,6	16,2	16,7	12,8	16,8	14,2	10,4	13,1	13,3
Superior	12,0	14,0	10,8						14,7		11,9	12,2
	12,8	12,6	15,7	12,1	13,8	21,4	11,8	17,9		12,7		
									14,5		13,1	8,3
Medio	9,7	5,0	14,9	14,2	19,6	15,3	10,5	16,6	9,8	12,3	12,8	4,9
											4,8	7,6
Inferior	5,5	5,8	15,0	14,5	19,6	7,6	10,5	4,5	6,2	4,6	4,5	2,5

tre el valor de aquél y el del contenido en nitrógeno, carbono y la razón C/N, cuyos resultados damos en la tabla 29.

T A A B L A 29

Valores de los coeficientes de correlación entre el pH y el contenido en carbono, en nitrógeno y la razón C/N, en los suelos agrícolas.

Suelos	Carbono	Nitrógeno	C/N
Tradicional	0,064	- 0,065	0,186
Todos	0,249	- 0,013	0,415*

*Significativo para el nivel del 2%.

Podemos señalar a la vista de los resultados encontrados que no existe relación entre el pH y el contenido en materia orgánica y nitrógeno. En cuanto a la razón C/N, uno de los coeficientes alcanza un nivel de probabilidad de un 2%, y aunque el otro - cuando se consideran los suelos de valle- no tiene una probabilidad alta, parece posible la influencia de la acidez en la razón C/N, siendo ésta tanto mayor cuanto menor sea la acidez. Esto puede ser debido a que la aportación continuada de materia orgánica influya en los suelos de tal modo, que aún mejorando su acidez y la mineralización de aquella, la

actividad biológica no puede hacer descender el contenido en carbono de la misma manera que en los suelos sin aporte de materia orgánica, o con pequeñas adiciones de ella.

En la tabla 15 se indica el contenido en fósforo y tilizable de los suelos agrícolas, valores que oscilan entre un mínimo de 0,4 mg. de P_2O_5 /100 g. a 26,9 mg/100g. Esta disparidad de valores en una zona tan limitada es debida a causas que vamos a estudiar.

En el suelo podemos considerar al fósforo en dos estados, orgánico e inorgánico. Esta última fracción se compone de fósforo en situaciones diferentes respecto a las plantas. Una parte de él, la más importante acaso, está en forma fija, ligado por los coloides del suelo, incluso reemplazando al SiO_2 en las capas tetraédricas de la arcilla, o formando fosfato férrico que a medida que desciende el pH es englobado en los óxidos de hierro y es inutilizado, así, para las plantas (33). En determinadas circunstancias, como por acción de compuestos húmicos o por variaciones de contenido en agua - desecación y humectación - que provocan alternancias de hinchamiento o de contracción de los coloides, estos pueden liberar incluso P_2O_5 , sobre todo las formas incrustadas, no liga

das químicamente, en el interior de las hojuelas de ar
cilla. El fósforo que se encuentra en forma orgánica es,
en sí, inútil para las plantas, pero puede sufrir cambios
- mineralización - que lo dejen en forma utilizable.
Ahora bien, la liberación de fósforo orgánico es lenta
en los suelos de poca actividad biológica y esta activi-
dad decrece con el pH.

El fósforo utilizable es el que se encuentra, pues,
o en la solución del suelo, o adsorbido en la superficie
de los coloides, fósforo que se llama también de cambio
y autodifusible. La retención tiene lugar en los suelos
ácidos p-or medio de un catión, hierro o aluminio. El
hierro puede proceder de los óxidos férricos, y el alu
minio, bien de las hojuelas de arcilla, bien del de cam-
bio (36). En el caso de suelos ácidos en exceso, son los
fosfatos de aluminio, más fácilmente disponibles que los
de hierro para pasar al estado disuelto, los que actúan.
Tiene también importancia la materia orgánica, puesto que
los aniones húmicos pueden ligarse al al-uminio de las
arcillas, dando lugar a complejos arcillo-húmicos que
desplazan al anión fosfórico (112).

Resumimos en la tabla 30 los datos de contenido en
 P_2O_5 en los suelos agrícolas. El examen de los coeficien-
tes de variabilidad indica que los suelos de cultivo tra-
dicional, por las aportaciones que recibe seguramente,

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	ϵ
TRADICIONAL	5,0	11,4	0,4	3,13	63,2%	0,41
TODOS	8,3	26,9	0,4	7,08	85,3%	1,23

Valores máximos, medios y mínimos del contenido en P_2O_5 , en los suelos agrícolas (mg/100), y desviaciones típicas, coeficientes de variabilidad y errores standard de los mismos.

no forman un grupo homogéneo en relación con su contenido en fósforo, divergencia que se acrecienta al incluir en el examen estadístico los suelos bien tratados. Ya se indicó que en los tratamientos tradicionales se incluye, desde hace algún tiempo, la adición de superfosfatos, siendo así que muchos labradores solamente conocen dos abonos: el estiércol y el "mineral" (superfosfato). Las condiciones de los suelos estudiados de pobre contenido en fósforo - media 5,0 - hace que sea posiblemente en este nutriente en donde mayores modificaciones se puedan introducir por corrección adecuada, aumentando su contenido en los suelos de cultivo (51).

Dado que, tanto la acidez como el contenido en ma-

teria orgánica son factores determinantes del contenido en fósforo soluble de los suelos, hemos estudiado las posibles relaciones entre aquellos y el contenido en este elemento en forma utilizable. En la tabla 31 se dan los resultados de los coeficientes de correlación calculados.

T A B L A 31

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en fósforo soluble de los suelos agrícolas y su pH, contenido en C, en N y la razón C/N.

Suelos	pH	Carbono	Nitrógeno	C/N
Tradicional	0,322'	- 0,147	- 0,074	- 0,282
Todos	0,673^	+ 0,288	+ 0,061	+ 0,439~

^Significación mayor del 1%; ~entre el 1 y 2%; 'del 10%.

Teniendo en cuenta la fracción del fósforo que estudiamos, las relaciones con el nitrógeno total - la mayor parte del cual parece ser orgánico como se señaló al estudiar la correlación del C y el N - y el carbono no deben ser claras. Para este último obtenemos valores de r bajos, que varían muchísimo según se consideren todas las muestras o las recogidas al azar de cultivo tradicio

nal. De todas formas el cambio de signo del coeficiente al introducir los suelos de mayor contenido en materia orgánica parece indicar una liberación de fósforo soluble y necesitaríamos una población superior para poder dar como confirmada en estos suelos la influencia positiva de la materia orgánica en la solubilización del fósforo. En cuanto al nitrógeno total, parece que no se puede señalar influencia alguna del mismo sobre la solubilización y contenido en fósforo soluble de los suelos estudiados, puesto que los valores hallados para r son muy bajos.

Para las relaciones entre la razón C/N y el fósforo soluble encontramos dos valores muy diferentes del coeficiente de correlación, uno negativo de significación pequeña y otro positivo de probabilidad aceptable. Creemos que las causas de estas divergencias han sido ya apuntadas en parte. Thompson (122,123) señala las relaciones que encuentra entre el fósforo mineralizado y el carbono y nitrógeno mineralizados. Puesto que en los suelos se produce, normalmente, una destrucción de materia orgánica, con descenso de la razón C/N, es indudable que la mineralización del fósforo - dando lugar a una mayor solubilización - será mayor al descender aquella razón, de ahí el signo negativo del coeficiente de correlación hallado para las muestras de cultivo tradicional. Pero

al introducir en el estudio los suelos, no solo de mayor contenido en materia orgánica, sino de su mayor relación carbono / nitrógeno (tabla 15) se producirá una mayor influencia de la materia orgánica sobre el bloqueo del hierro y del aluminio, a la vez que, si bien parece ser menor la mineralización, no lo debe ser cuantitativamente - al existir mayor contenido - por lo que todo ello favorecerá la movilización del fósforo.

Creemos, pues, que los resultados alcanzados nos permiten confirmar que la mineralización de la materia orgánica favorece la solubilidad del fósforo, y que, aunque aparentemente en los suelos a los que se adiciona mayor cantidad de materia orgánica fresca - al tener mayor su valor C/N - disminuye aquella, sin embargo se produce a la vez el efecto directo de la materia orgánica para poner el elemento al alcance de las plantas.

En cuanto a las relaciones entre la acidez y el fósforo soluble (68,78) los coeficientes de correlación que se dan en la tabla 31 (0,322; 0,678), confirman la acción positiva de la disminución de la acidez - para los márgenes de acidez de nuestras muestras - sobre la solubilización del fósforo. También aquí la significación es superior al introducir los suelos bien cultivados. Calculadas las ecuaciones de regresión entre los valores del

REGRESION FOSFORO - ACIDEZ EN SUELO AGRICOLAS

$r = 0,673$

● bien cultivados

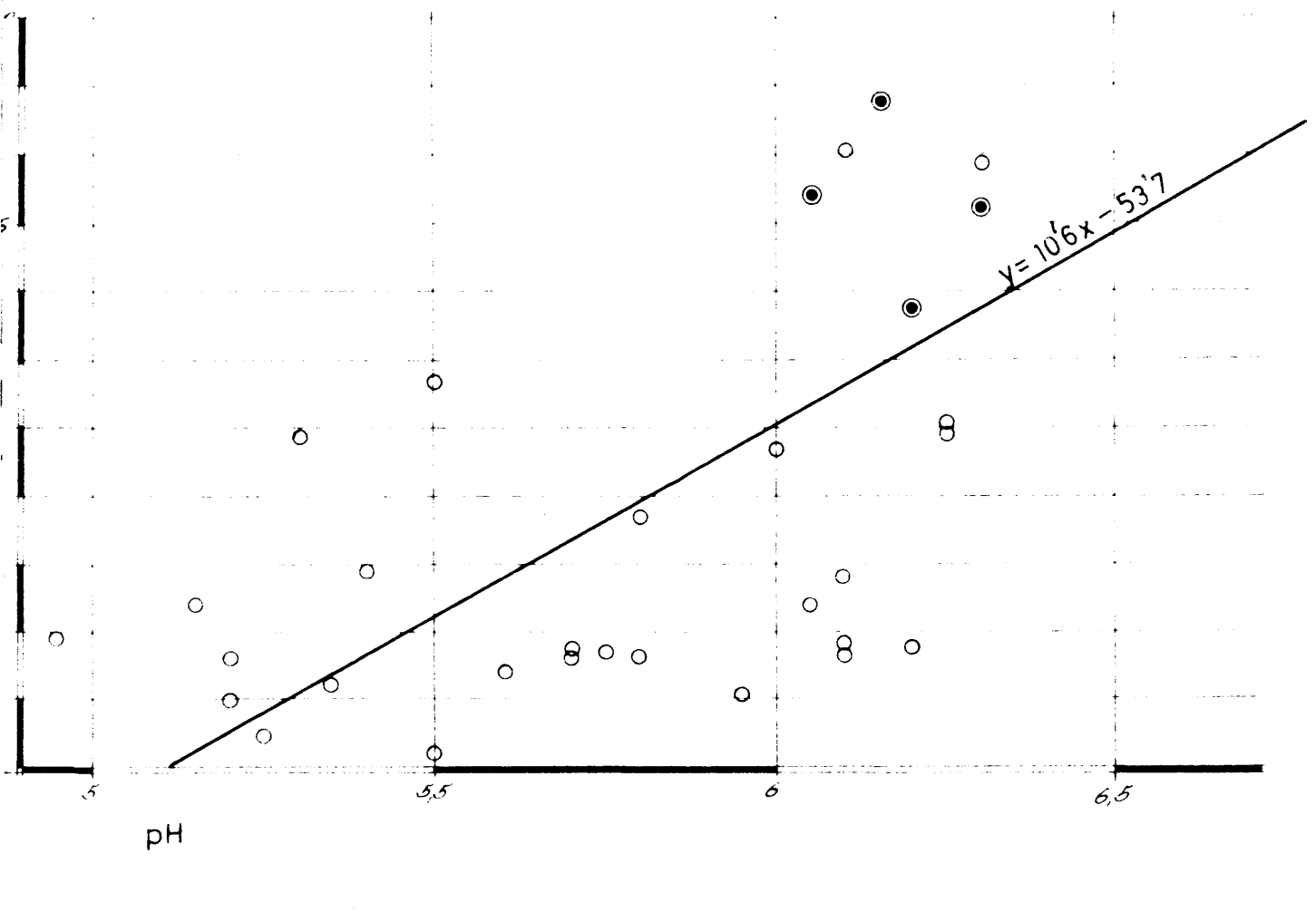


FIGURA 13.- Variación del contenido en P_2O_5 , con el pH, en los suelos agrícolas.

pH y del fósforo, han resultado las siguientes:

$$\text{Todos los suelos: } P_2O_5 \text{ (mg/100)} = 10,6 \times \text{pH} - 53,7 \\ (\text{error standard } 4,83)$$

$$\text{Cultivo tradicional: } P_2O_5 \text{ mg/100} = 2,53 \times \text{pH} - 9,4 \\ (\text{error standard } 3,01)$$

Representamos la primera de ellas en la fig. 13, en la que se puede ver el agrupamiento de las muestras consideradas bien cultivadas.

Más adelante se estudiará la influencia de otros elementos sobre la solubilidad del fósforo.

Es muy poco el fósforo soluble de los suelos naturales, lo que es debido a varios de los factores que concurrentes en ellos. En primer lugar son suelos de acidez alta, sobre todo en los niveles superiores, en los que sim bien la cantidad de materia orgánica podría beneficiar la solubilización de los compuestos de este elemento, la acidez del medio, con gran cantidad de cationes Al y Fe, bloqueará al que se mineralice de la gran cantidad de fósforo orgánico que probablemente domina en esta zona de los perfiles (79,126). Se dan en la tabla 32 los valores encontrados de contenido en fósforo de los suelos naturales; el intervalo de valores es pequeño,

CONTENIDO EN P_2O_5 EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (mg./100g.).

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	XII
HORIZONES												
Superficial	2,2	1,8	2,6	2,4	1,6	2,4	2,8	2,4	2,6	3,2	2,2	2,0
Superior	1,8	1,4	2,0						2,0		1,8	1,2
				1,6	1,6	2,7	2,6	1,5		2,0		
	1,6	1,2	1,8						1,6		1,8	1,2
Medio												
	1,2	1,6	2,2	2,0	1,8	2,4	3,5	1,6	2,2	3,8	1,6	2,4
											1,4	1,0
Inferior												
	1,4	1,8	2,4	2,0	1,6	2,6	1,6	2,4	2,8	1,8	1,6	1,1
MEDIA												
	1,5	1,5	2,1	1,8	1,6	2,5	2,4	1,8	2,3	2,8		

de un máximo de 3,8 a un mínimo de 1,0 mg/100g.

T A B L A 33

Horizonte	Media	σ	C_v	ϵ
Superficial	2,4	0,40	16,7%	0,13
Superior	2,0	0,45	22,5%	0,14
Medio	2,2	0,83	37,7%	0,26
Inferior	2,0	0,48	24,0%	0,15
Media	2,0	0,46	23,0%	0,14

Valores medios del contenido en P_2O_5 en los horizontes de los suelos de ladera, desviación típica, coeficiente de variabilidad y errores standard de los mismos.

Del estudio estadístico de estos valores, en los horizontes en que se han dividido los suelos naturales, damos un resumen en la tabla 33; en ella vemos que los coeficientes de variabilidad que corresponden a las capas superficiales, superiores e inferiores y el de la media parecen indicar que los suelos reaccionan para este elemento de manera bastante uniforme, sobre todo en el horizonte superficial. Los valores medios marcan además la pequeña diferencia que hemos señalado entre los datos analíticos encontrados.

FIGURA 14.- Curvas de distribución con la profundidad,
del fósforo, en mgs de $P_2O_5/100$ g., en los suelos natu
rales; las cifras romanas indican el número de cada sue
lo.

La variación de las cantidades de fósforo a lo largo de los perfiles con la profundidad se puede observar en la fig. 14, en la que se comprueba la existencia de mayores cantidades en la zona superficial, que a veces se man-tienen en todo el perfil, pero que en otros, disminuyendo en la zona intermedia vuelven a adquirir, en horizontes mas bajos, valores tanto o más altos que los de la capa superficial. A este grupo pertenecen los suelos II, III, V, VIII, IX, X, XI y XII. Los suelos VI y VII aumentan ligeramente en todo el perfil.

El contenido en potasio soluble o utilizable oscila, para los suelos agrícolas, entre 6,0 y 28,9 mg. de K_2O / 100g. de suelo seco, como puede observarse en la tabla 15.

Es indudable que los diferentes factores que alteran el estado en que se encuentra el potasio en los suelos son los determinantes de esta variación, excluyendo la composición mineralógica - por la similitud de las rocas madres - y el clima, dado lo limitado de la zona, aun que indudablemente existen en ella microclimas originados sobre todo por la orientación de los valles y la cercanía al mar. Es sabido que el potasio fijado, formando parte de la malla estructural de las micas y de algún tipo de

arcilla, solamente puede pasar a fracción útil para las plantas por destrucción del mineral. Puede ocurrir que parte del potasio del suelo sea captado por ciertos tipos de arcilla, de tal modo que puedan reconstituir con él estructuras destruidas, con lo que este elemento queda también fijado, de forma casi absoluta, inutilizándolo para la nutrición vegetal. Como el proceso indicado requiere bastante tiempo para completarse, parte del potasio puede estar en fase intermedia de fijación y grandes alteraciones pueden movilizarlo (80,84,93).

La reserva más importante del potasio fácilmente utilizable la constituye la fracción de cambio, o sea la que está retenida electrostáticamente en la superficie de los coloides de arcilla y humus, encontrándose esta fracción en equilibrio con la cantidad de potasio en estado soluble en el suelo. El cultivo incrementa el paso de formas fijadas a formas fácilmente cambiables y aún a formas solubles; siendo de importancia para estas transformaciones el encalado y sobre todo la acción que sobre el suelo ejercen la alternancia de periodos secos y húmedos (64). También los iones amonio y los hidrogeniones son competitivos con el potasio en relación a la fijación por las cargas negativas de los coloides, lo que en caso de fertilización amónica puede desarrollar un mayor poder del suelo para facilitar potasio a

a la solución del mismo.

Por otra parte, este elemento al estado iónico es muy lábil - por su pequeño tamaño - y se puede perder fácilmente por lavado o erosión, e, indudablemente, parte es extraído por las plantas.

Los suelos de la zona estudiada no debieran contener cantidades moderadamente altas de potasio asimilable, a causa del excesivo lavado en ciertas épocas del año, de la textura arenosa o al menos gruesa, y a la acidez. Pero, a su vez, son suelos cuyos minerales constitutivos son ricos en este elemento, por lo que pueden facilitar - si se dan circunstancias favorables - potasio cambiante.

T A B L A 34

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	ϵ
TRADICIONAL	17,0	28,8	6,0	6,47	38,1%	1,24
TODOS	16,8	28,9	6,0	6,65	39,6%	1,34

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad por ciento y errores standard del contenido en potasio asimilable de los suelos agrícolas (mg /100 de K_2O).

En la tabla 34 resumimos el estudio estadístico

del contenido en K_2O dando en ella los valores medios, máximo y mínimo.

Los coeficientes de variabilidad son lo suficientemente elevados como para señalar que los suelos no forman un grupo afín. Sin embargo, la similitud de los valores tanto del cálculo estadístico como de los contenidos en este elemento, cuando se hace el estudio con todos o parte de los suelos, nos permite señalar que las prácticas agrícolas no deben ser el principal factor causante de las diferencias entre los valores encontrados. Es indudable que los aportes de estiércoles deben motivar las mayores alteraciones y que estas serán tanto más acusadas cuanto más estiércol de cuadra se utilice.

Con el fin de estudiar las relaciones que pueden existir entre el contenido en p-potasio y los otros elementos y factores ya expuestos, hemos calculado los coeficientes de correlación correspondientes. Los resultados se resumen en la tabla 35 en la que damos los valores de r entre el potasio y la acidez, el carbono, el nitrógeno y la razón C/N.

Los valores para el coeficiente de correlación entre el contenido en p-potasio y el pH suelo nos permiten señalar una posible influencia positiva, cuyo efecto

acaso sea importante en un estudio conjunto de la influencia de diversas variables sobre el elemento estudiado. Podemos afirmar la existencia de una débil y p-ositiva acción del pH sobre la solubilización del potasio. Parece ser que la gran precipitación que existe en la zona (tabla 1), hace que, aunque se fije menos cantidad a pH bajo (129), este elemento sea lavado, por lo que al aumentar la acidez disminuye la p-otencialidad del suelo para facilitar este elemento en forma utilizable.

T A B L A 35

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en K_2O , asimilable, de los suelos agrícolas y el pH, carbono, nitrógeno y razón C/N

Suelos	pH	Carbono	Nitrógeno	C/N
Tradicional	0,283	- 0,352'	- 0,366'	- 0,309
Todos	0,254	- 0,307'	- 0,295'	- 0,213

' nivel de significación entre 5 y 10%.

Los valores de r para el carbono y el nitrógeno tienen una mejor probabilidad de significación, aunque no muy alta, entre 5 y 10%. Los cuatro valores son negativos y en ambos casos disminuyen cuando se incluyen los

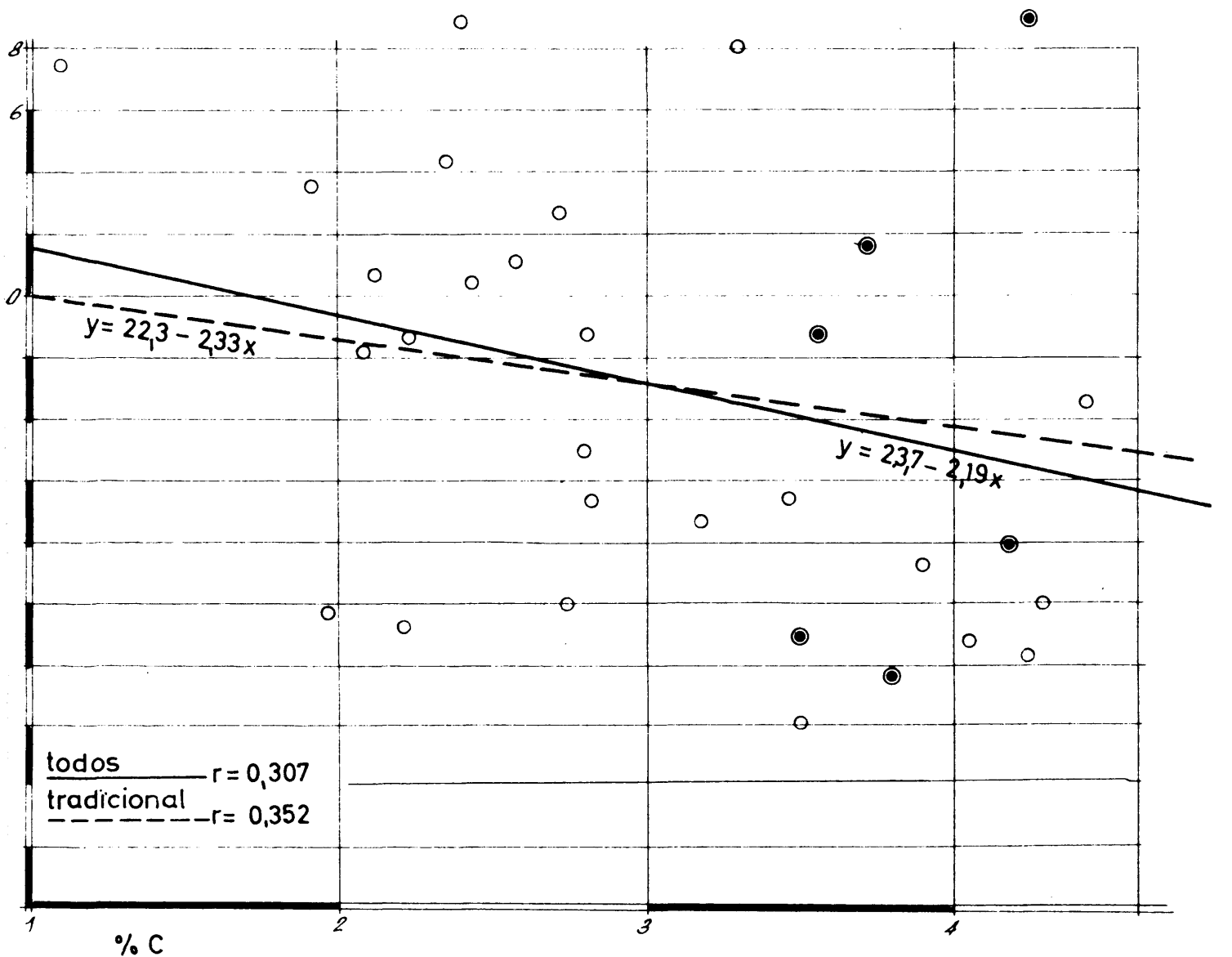


FIGURA 15.- Variación del contenido en p-potasio, con la materia orgánica, en los suelos agrícolas. Los círculos negros corresponden a muestras de tratamiento racional.

suelos bien tratados. El signo parece indicar que, o bien el aumento de materia orgánica ejerce una acción de bloqueo sobre el p-potasio, o bien - y es lo mas probable - la mineralización y destrucción de la materia orgánica libera la fracción asimilables del potasio que formaba parte de los compuestos húmicos. El aumento de la actividad biológica que se debe producir al incrementar el contenido en materia orgánica puede influir también en la movilización del potasio, que puede ser lavado fácilmente en las condiciones naturales de nuestras muestras.

En cuanto a la razón C/N se obtienen valores de \bar{x} con el mismo signo y probabilidad menor que para cada uno de los elementos que la forman; al parecer la mineralización favorece la transición a formas útiles del nutriente que estudiamos.

Representamos en la fig. 15 las rectas de regresión entre el p-potasio y el carbono, cuyas ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Todos los suelos: } K_2O_{mg/100} = 23,7 - 2,19 \times \text{carbono} \\ (\text{error standard } 6,42)$$

$$\text{Cultivo tradicional: } K_2O_{mg/100} = 22,3 - 2,33 \times \text{carbono} \\ (\text{error standard } 6,18)$$

En la figura se puede apreciar la poca homogeneidad del p-potasio utilizable que presentan los suelos

CONTENIDO EN K₂O EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (mg./100g).

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	XII
HORIZONTES												
Superficial	4,2	6,6	4,4	16,5	11,2	4,2	17,8	16,9	6,5	4,8	16,8	18,4
Superior	6,1	3,0	6,8						6,1		12,0	6,9
	2,5	3,4	2,8	1,8	5,1	2,9	5,7	8,9		8,8		
									2,4		7,5	10,8
Medio	2,5	2,9	1,3	6,2	2,2	6,6	5,4	4,2	4,5	8,5	3,2	5,1
											6,4	5,0
Inferior	1,6	1,8	1,5	1,2	2,3	2,7	4,0	1,8	4,9	4,9	4,4	4,5
MEDIA	3,0	3,2	2,7	3,2	6,8	3,9	6,6	6,0	4,7	7,1	- - - - -	- - - - -

considerados bien tratados.

En cuanto al contenido de dicho elemento en los suelos naturales es bastante variable, siendo alto en alguno de los horizontes superficiales de varios perfiles. Se exponen en la tabla 36 los valores para K_2O en los perfiles de estos suelos y resumimos el estudio estadístico de los de ladera en la tabla 37, en la que se p-ueden ver las medias de los horizontes en que se han dividido los perfiles y las variables estadísticas ya señ-aladas en estudios similares de otros elementos.

T A B L A 37

Horizontes	Media	σ	σ_v	ϵ
Superficial	9,3	5,74	61,7%	1,81
Superior	6,2	3,29	53,1%	1,04
Medio	4,4	2,26	51,4%	0,72
Inferior	2,7	1,41	52,2%	0,40
Media	4,7	1,74	37,0%	0,55

Valores medios de contenido en K_2O en los horizontes de los suelos de ladera, desviación típ-ica, coeficiente de variabilidad y errores standard de los mismos.

Se obtienen unos coeficientes de variabilidad muy

altos, sobre todo para los horizontes superficiales, e indudablemente hay dos grupos de perfiles, uno de los cuales da valores mayores en dicho horizonte - V, VI, VII y IX.

El coeficiente de variabilidad de los valores de la media - considerando la altura de los perfiles y su contenido - aunque alto, parece señalar que las características generales de los suelos de la zona tienden a una cierta uniformidad en su contenido en p-otasio, pero que las condiciones particulares de cada perfil - vegetación, inclinación, orientación, etc. - son las determinantes de las variaciones, tanto en el contenido como en su desarrollo a lo largo del perfil.

La distribución con la profundidad se puede seguir en la fig. 16, en la que se observa una tendencia general de disminución con la profundidad. Esta es simple en varios suelos, IX y XII, p-or ejemplo, pero en otros como el VIII y X, muestran valores intermedios variables. El suelo XI, presenta un contenido bajo en la superficie dada la riqueza en p-otasio del resto del perfil. La tendencia a disminución del contenido en potasio con la profundidad ya se observa en los valores medios que se dan de los horizontes, en la tabla 37.

RIBUCION DEL POTASIO EN LOS SUELOS NATURALES

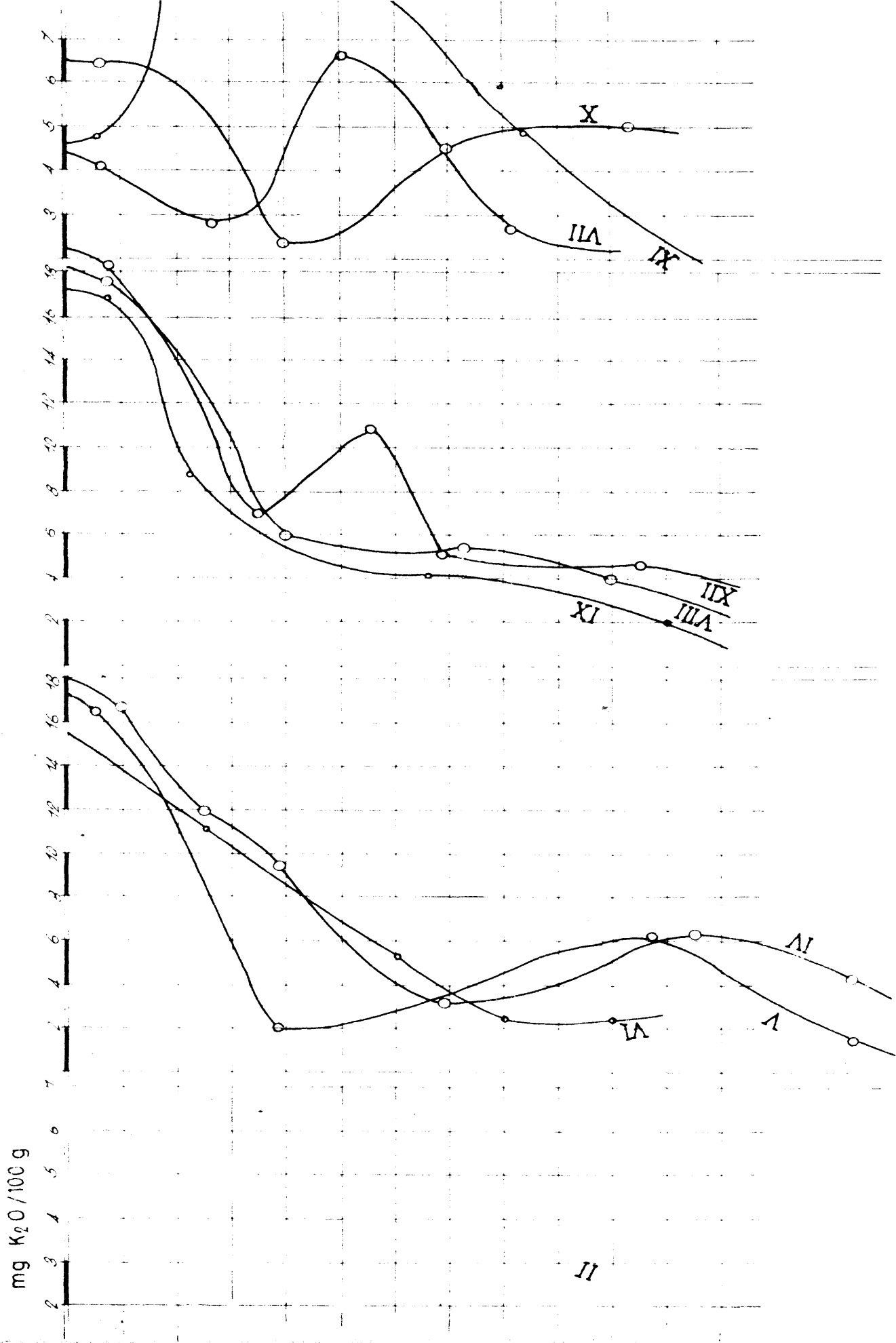


FIGURA 16.-- Curvas de distribuci3n con la profundidad, del potasio, en mgs. de $K_2O/100$ g., en los suelos naturales; las cifras romanas indican el n3mero de cada suelo.

Los contenidos en calcio de cambio de los suelos agrícolas se dan en la tabla 15 y oscilan entre un mínimo de 22,2 mg de Ca /100 g. de suelo y 211,3 mg/ 100. Este amplio margen de valores señala las alteraciones y modificaciones que pueden experimentar estos suelos para este elemento.

Debido a las condiciones de la zona estudiada la existencia de calcio que no sea de cambio es muy poco probable, por lo que el aumento de su contenido debe ser motivado por las adiciones llevadas a cabo durante las p-rácticas agrícolas tradicionales. La gran solubilidad del ión calcio, acaso el más susceptible al lixiviado, tenderá a empobrecer a estos suelos en este cattón. Sin embargo, también las alteraciones en ciertas propiedades pueden permitir un poder mayor de retención de bases de cambio, enriqueciéndose así el suelo en este elemento al quedar más fuertemente retenido en el complejo coloidal, ya sea orgánico o mineral.

De la misma manera que en los elementos vistos anteriormente haremos el estudio de los suelos de valle - de cultivo tradicional- y el de todas las muestras agrícolas, para observar el sentido de las variaciones que las prácticas adecuadas de cultivo introducen en estos

suelos. Se dan en la tabla 38 los valores medios, máxi-
mos y mínimos del contenido en calcio de cambio en mg.
de Ca / 100 g. de suelo, y las desviaciones típicas, coe-
ficientes de variabilidad y errores standard de los re-
sultados para ambos grupos de suelos.

T A B L A 38

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	σ_v	E
TRADICIONAL	59,6	164,5	22,2	32,6	53,0%	6,07
TODOS	84,2	210,3	22,2	54,0	64,2%	9,40

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica,
coeficiente de variabilidad por ciento y errores stan-
dard del contenido en calcio de cambio de los suelos
agrícolas.

En primer lugar hay que señalar que el máximo, para
el grupo llamado de cultivo tradicional es anormalmente
alto 1 64,5 mg/100 - dado que el valor mayor que le si-
gue en el grupo es de 110,0 mg/100-. Podemos asegurar
que ha habido una adición de materiales calizos, o en é
poca reciente, o en gran cantidad en otro tiempo (La
muestra corresponde a valle litoral).

Podemos observar como también para este elemento el coeficiente de variabilidad aumenta cuando se consideran todos los suelos agrícolas y, como era de esperar, también el grupo de valle da un coeficiente de variabilidad alto, lo que indica que las prácticas tradicionales de cultivo alteran los valores naturales de los suelos en este nutriente.

Se sabe que además de las adiciones de estiércol y algo de superfosfato, muchos labradores han añadido alguna vez cal, en encalados no muy fuertes y que son muy frecuentes en la zona litoral. Las exportaciones de restos de moluscos y crustáceos - sobre todo de sus conchas - lo que indudablemente tiene que alterar el contenido en calcio de cambio de estos suelos.

Al estudiar todos los suelos y comparar los resultados de la tabla 38 vemos como no solo sube mucho el valor del máximo - sobre todo si recordamos lo dicho anteriormente sobre el correspondiente al grupo de cultivo tradicional - sino que además la media experimenta una notable elevación - de 59,6 a 84,2 mg/100g. - dentro del intervalo de valores que estamos considerando. Se deduce, pues, de los resultados obtenidos que los suelos de la zona son susceptibles de mejorar considerablemente su nivel de calcio mediante tratamientos adecuados.

Siendo la concentración de hidrogeniones en el complejo de cambio la causa de la acidez de los suelos, indudablemente si en estos complejos de cambio existen cantidades importantes de calcio éste desplazará a los iones hidrógeno, modificándose el pH. Hemos estudiado la relación existente entre los valores de contenido en calcio de cambio y el pH y damos en la tabla 39 los valores hallados para los coeficientes de correlación. Encontramos que cuando se estudian todos los suelos existe un valor de r con probabilidad de significación muy alta, superior al uno por mil, mientras que considerando solamente los suelos cultivados tradicionalmente se obtiene un coeficiente de correlación de significación probable muy baja. De los resultados podemos deducir que existe una relación bastante estrecha entre el valor del contenido en calcio del suelo y el pH del mismo, que aumenta al aumentar aquél. Damos en la gráfica 17 la representación de la recta de regresión correspondiente a todos los suelos y cuya ecuación es la siguiente:

$$\text{Calcio (mgm. de Ca/100g.)} = 75,0 \times \text{pH} - 354,6$$

(error standard 42,9)

Puesto que habíamos encontrado una cierta relación entre el pH y el contenido en fósforo, en la que la cantidad de éste - soluble fácilmente - aumentaba al dismi-

nuir la acidez, entre el intervalo en que ésta se da en nuestros suelos, hemos estudiado estadísticamente la relación entre los contenidos en fósforo y calcio y en la tabla 39 se ven los coeficientes de correlación, obtenidos. Ambos son de muy alta probabilidad de signi-

T A B L A 39

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en calcio de cambio de los suelos agrícolas y su pH, razón C/N y contenidos en fósforo, potasio, carbono y nitrógeno.

Suelos	pH	Fósforo	Potasio	Carbono	Nitrógeno	C/N
Tradicional	0,151	0,598*	0,339'	- 0,102	- 0,129	0,038
Todos	0,622*	0,866*	0,156	0,293	0,042	0,438*

*significación superior al 1%; 'significación entre 5 y 10%; *significativo por 2%.

ficación lo que parece indicar que en la solución del suelo deben existir fosfatos cálcicos fácilmente solubles. También en este caso es superior el valor de r cuando se considera el total de muestras, lo que da a entender que los encalados no muy fuertes no inmovilizan el fósforo, o bien que en los cultivos racionales son parale-

$r = 0,622$

● bien cultivados

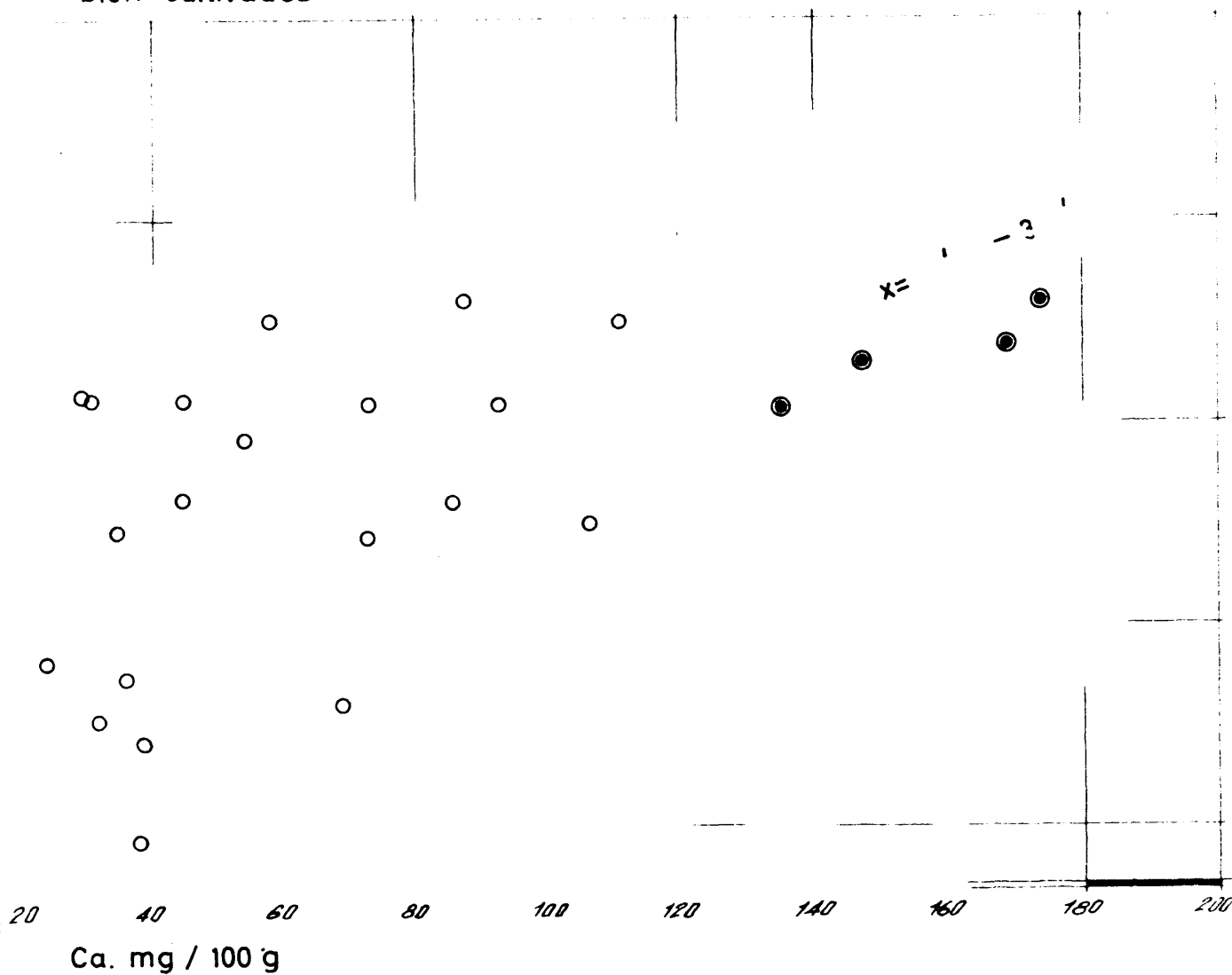


FIGURA 17.- Variación del contenido en calcio, con el pH, en los suelos agrícolas.

las las mejoras en los niveles de ambos nutrientes, haciéndolo de tal forma que se compense la posible insolubilización del fósforo.

Las ecuaciones lineales de regresión calculadas son las siguientes:

$$\text{Todos los suelos: } Ca_{mg/100} = 6,61 \times P_{2O_5} + 29,3$$

(error standard 27,4)

$$\text{Cultivo tradicional: } Ca_{mg/100} = 6,04 \times P_{2O_5} + 29,4$$

(error standard 25,8)

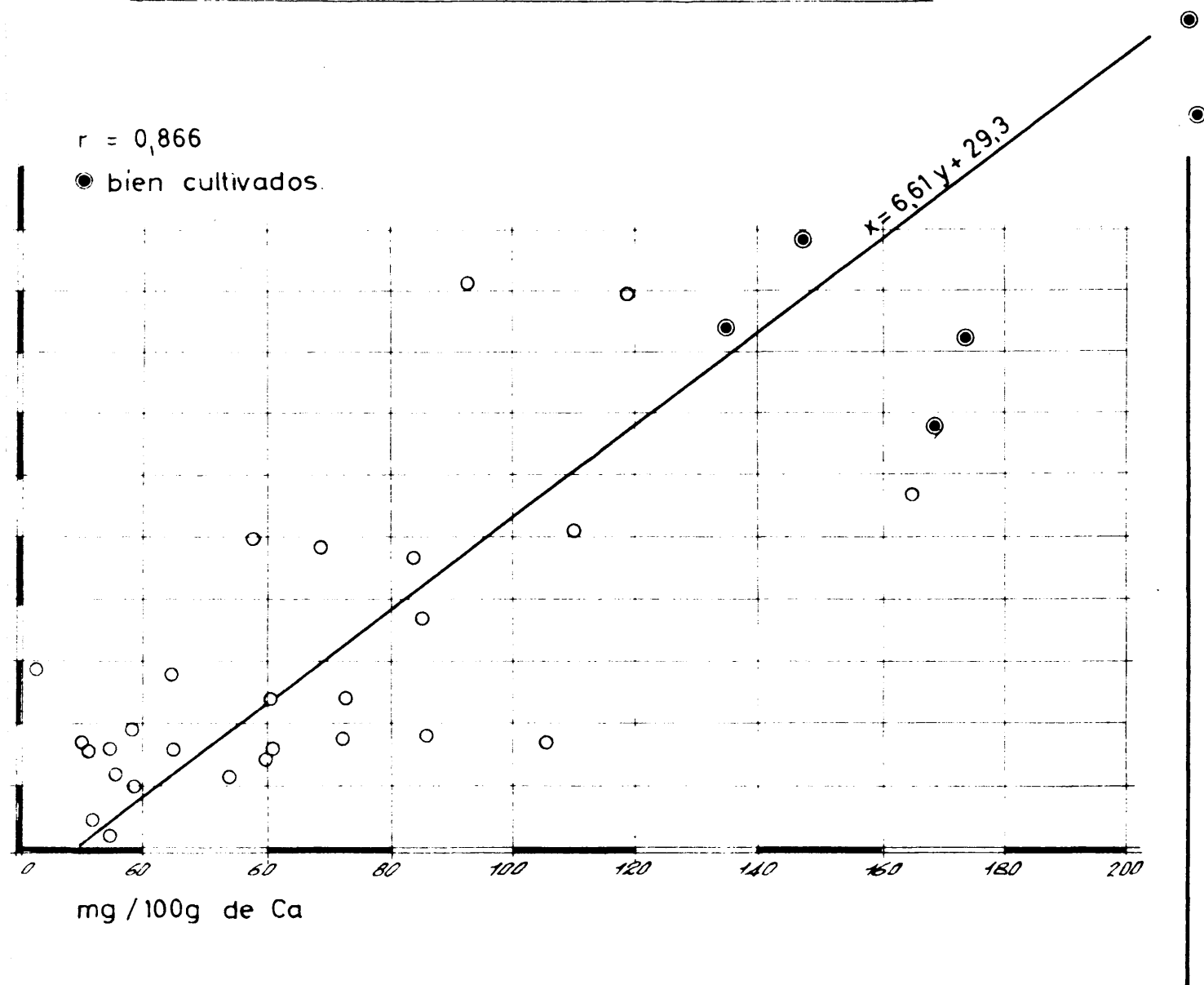
En la fig. 18 se representa la primera de ellas y se observa claramente el comportamiento de las muestras que venimos en llamar de buen cultivo.

Como se puede ver en la tabla 30, hemos calculado los coeficientes de correlación entre el contenido en calcio y potasio, sin que los valores hallados nos permitan indicar una relación segura entre estos dos cationes. York y colaboradores (131) señalan la influencia del calcio en la fijación del potasio, lo que al parecer para nuestros suelos, puede aumentar la potencialidad para facilitar potasio soluble; aunque la probabilidad de significación del 10% que nos da uno de los grupos y el valor tan pequeño de $r = 0,156$ - para todas las muestras solo nos permiten asegurar una pequeña relación positiva entre el contenido en potasio y calcio de nues

REGRESION Ca - P EN SUELOS AGRICOLAS

$r = 0,866$

● bien cultivados.



tres suelos agrícolas.

Dada la importancia que en el complejo de cambio tiene la fracción orgánica del suelo, cuyos coloides fijan al igual que los de arcilla los cationes de calcio, hemos estudiado las posibles relaciones entre este elemento y los contenidos en carbono, nitrógeno y la razón C/N , como posible índice de transformación de la materia orgánica del suelo, puesto que de la humificación depende la mayor o menor capacidad de retención de bases. Para ello hemos calculado los correspondientes coeficientes de correlación, que damos, asimismo, en la tabla 39. Los valores correspondientes, además de bajos, son muy variables para ambos grupos de suelos y solo alcanza una significación de probabilidad razonable el de todos los suelos. Vistos los signos y los valores nos encontramos en situación semejante a la que presentó el fósforo. La introducción de los suelos bien cultivados, en los que la actividad vital es mayor, debe facilitar la humificación, lo que aumenta el poder de retención de bases como parecen señalar, tanto el valor de r para la razón $C/N = 0,438 -$, como el mismo del carbono $- 0,293 -$, mientras que el nitrógeno parece no presentar influencia o relación alguna con el calcio del suelo.

CONTENIDO EN CALCIO EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (mgs. / 100g.).

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	XII
HORIZONTES												
Superficial	5,1	5,2	9,9	5,2	4,9	10,0	16,1	7,2	9,0	10,8	15,2	84,1
Superior	2,9	5,9	9,0						9,8		13,3	42,0
	4,0	4,0	7,8	4,0	2,1	5,1	11,7	6,1		8,1		
									10,1		ind.	10,3
Medio	5,0	7,9	6,1	3,0	3,0	6,0	9,9	7,3	9,2	8,8	ind.	12,8
											ind.	14,3
Inferior	5,0	5,0	7,1	7,8	2,1	25,0	14,2	8,0	13,9	9,1	ind.	17,0
MEDIA	4,5	5,3	7,6	5,0	3,6	13,2	12,9	7,0	10,6	9,0	-----	

Damos en la tabla 40 el contenido en calcio, en mgs. de Ca / 100g. de suelo seco, de los suelos naturales. En ella podemos observar la irregularidad de estas cantidades dentro de unos límites bastante estrechos de valores, de 2,1 a 84,1 mg/100. Hemos realizado, como para los demás elementos, un estudio estadístico de los datos de cada una de las capas u horizontes en que hemos dividido los suelos de ladera y los resultados se exponen en la tabla 41.

TA B L A 41

Horizontes	Media	σ	C_v	ϵ
Superficial	8,3	3,62	43,6%	1,14
Superior	7,1	2,99	42,1%	0,94
Medio	6,6	2,46	37,3%	0,68
Inferior	9,7	6,56	67,6%	2,08
Media	7,9	3,46	43,8%	1,09

Valores medios del contenido en calcio de cambio de los horizontes de los suelos de ladera, desviación típica, coeficientes de variabilidad y errores standard de los mismos.

Los coeficientes de variabilidad son bastante seme-

jantes - altos - en todos los horizontes y excesivamente elevados en el profundo, en el que indudablemente el suelo VII es el causante de esta gran alteración. Esta variabilidad se debe evidentemente a la existencia de dos grupos de suelos con respecto al contenido en este elemento, unos menos pobres - VII, VIII, X y XI - y el otro con contenido bajísimo en calcio de cambio - I, II, VI - en los que sus diferencias se mantienen a lo largo de los perfiles por lo que los coeficientes de variabilidad se conservan también bastante igualadas con la profundidad, incluso para la media..

En la fig. 19, en la que se representa la variación del contenido en calcio de cambio con la profundidad, expresado en meq./100g., se observa que la tendencia de las curvas es la de mantenerse uniformes o a aumentar ligeramente los valores con la profundidad, tendencia ya francamente clara en los perfiles VII y VIII. Los suelos IV y XII - que no son de ladere - dan curvas bastante diferentes a los demás con un contenido mayor en el horizonte superficial, sobre todo el XII, siendo diferentes entre sí, puesto que el primero de ellos señala lixivia do total en el subsuelo. La variación del calcio de cambio con la profundidad de acuerdo con la fig. 19 y las medias de la tabla 41, es de disminución, primero, para aumentar de nuevo en las capas profundas.

DISTRIBUCION DE CALCIO Y MAGNESIO EN SUELOS NATURALES

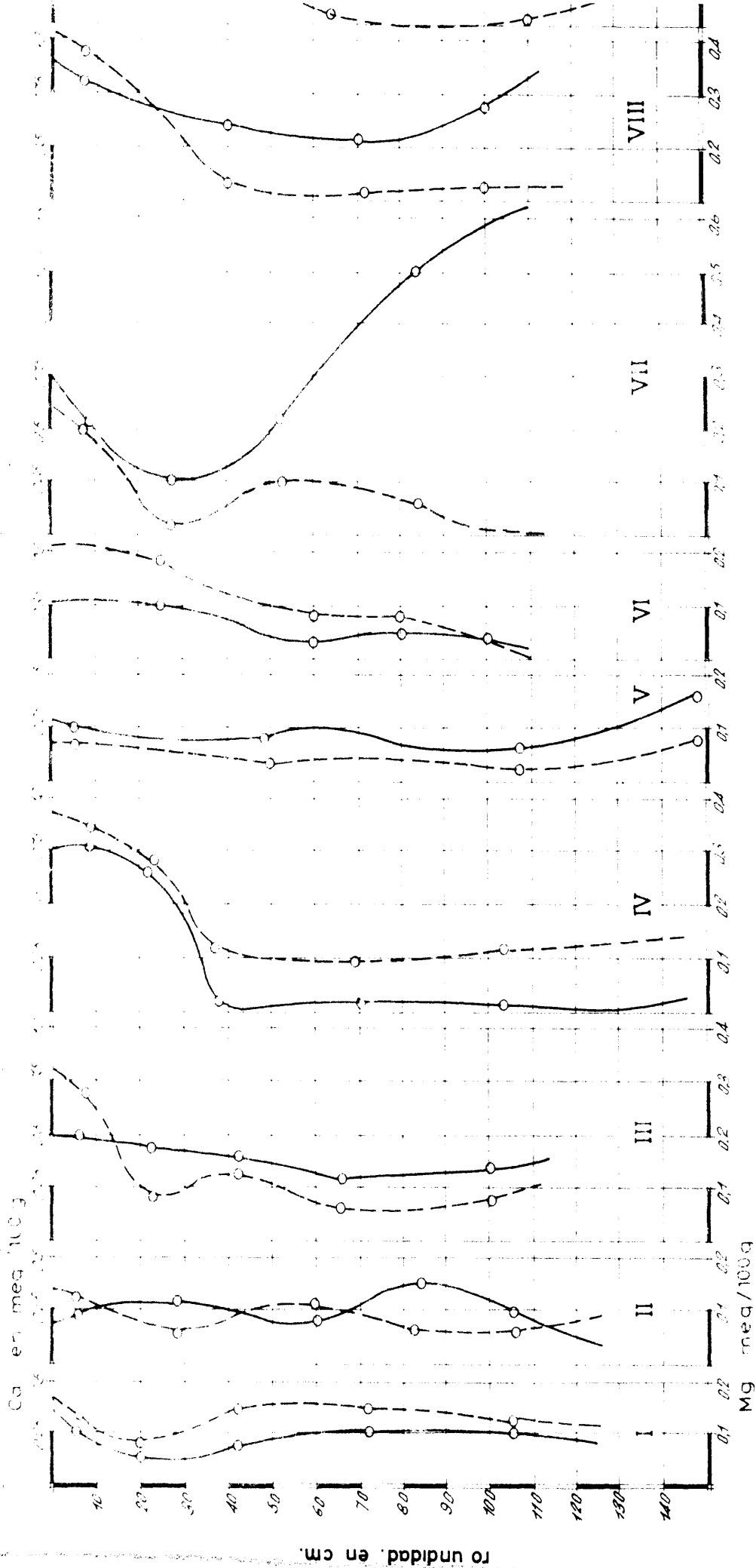


FIGURA 19.- Curvas de distribución con la profundidad del calcio y del magnesio, en miliequivalentes /100 g., en los suelos naturales; las cifras romanas indican el número de cada perfil.

CON DE CALCIO Y MAGNESIO EN SUELOS NATURALES

— C —
— M —

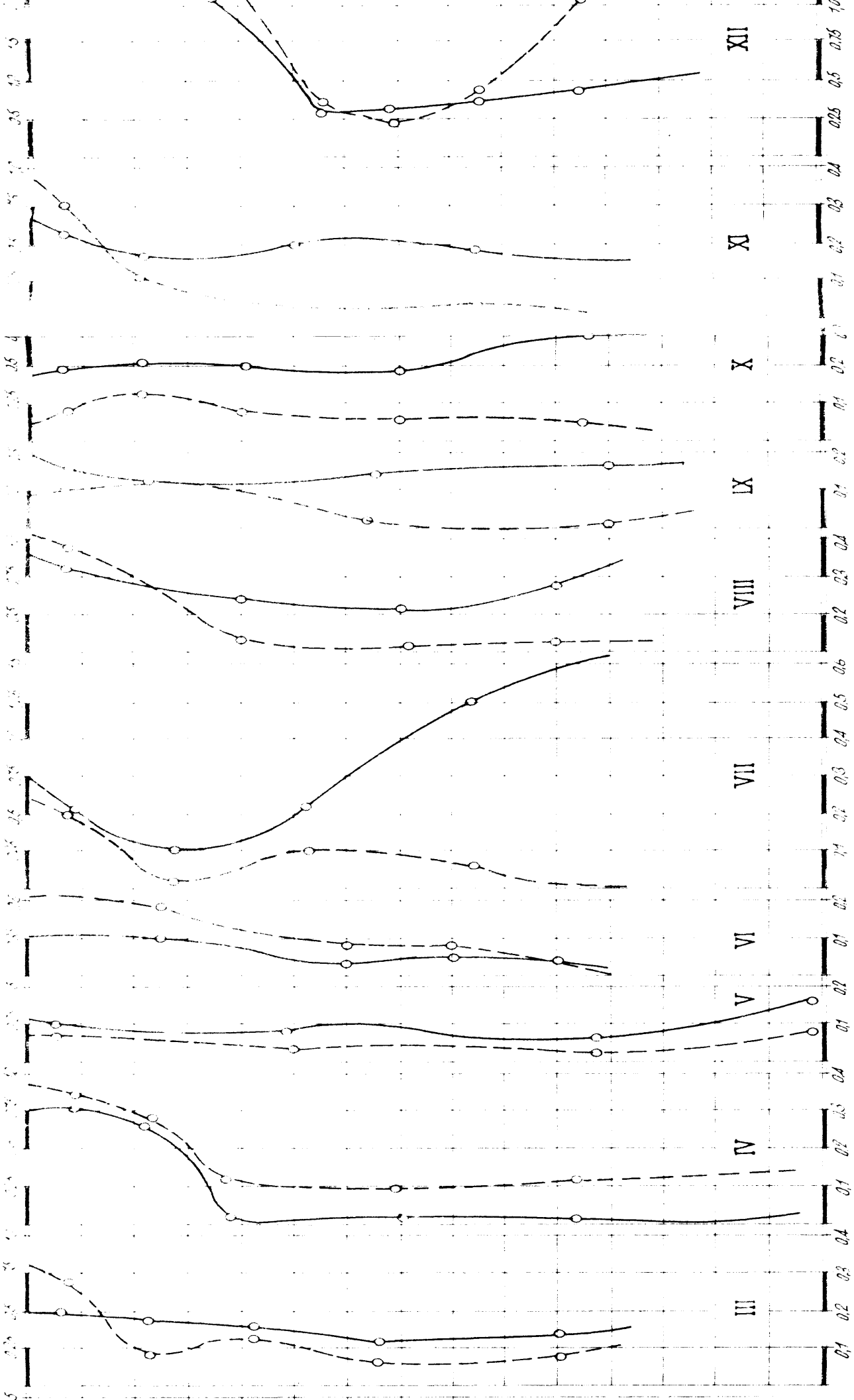


FIGURA 19.- Curvas de distribución con la profundidad del calcio y del magnesio, en miliequivalentes /100 g., en los suelos naturales; las cifras romanas indican el número de cada perfil.

También para el magnesio los valores extremos, entre los que se mantiene el contenido de este elemento, se apartan bastante de los medios; el mínimo, en uno de los suelos que consideramos bien tratados es de 12 ppm., y el máximo que corresponde a uno de cultivo tradicional es de 240 ppm. de Mg. Los resultados que damos en la tabla 15 se estudiaron de la forma ya indicada para otros elementos y se resumen en la tabla 42.

T A B L A 42

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	ϵ
TARDICIONAL	77,2	240	20	46,2	59,8%	8,90
TODOS	76,8	240	12	46,0	59,9%	8,01

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad por ciento, y errores estándar del contenido en manganeso de cambio, en ppm., de los suelos cultivados.

Los coeficientes de variabilidad son altos, lo que indica diferencias grandes entre los suelos, debido probablemente a los distintos tratamientos que han recibi-

do cada muestra a lo largo de su vida agrícola. Poco varían las funciones estadísticas con la introducción de los suelos bien cultivados debido seguramente a que no se cuida de este elemento cuando son tratados por el agricultor (7); el mínimo también es inferior cuando se estudian todas las muestras.

Por la influencia de los factores externos que concurren en la comarca - ya señalados cuando se realizó el estudio del calcio - es indudable que este elemento debe ser deficiente o al menos tiende a serlo.

Al igual que para los demás nutrientes, se han estudiado las posibles relaciones de otras variables con el contenido en la forma de magnesio determinada, para lo que hemos calculado los coeficientes de correlación correspondientes, cuyos resultados para el calcio, fósforo, potasio, carbono, nitrógeno y pH se dan en la tabla 43.

Los coeficientes de correlación entre los contenidos de potasio y magnesio, aunque no alcanzan una probabilidad de significación razonable, tienden a señalar una relación positiva entre ellos (65). De lo observado en el estudio del calcio, parece probable, que las pequeñas relaciones entre calcio, magnesio y potasio son

debidas a que al producirse un aumento en la capacidad de cambio de los suelos se incrementa en cada uno de los cationes, en forma no siempre constante, por lo que los coeficientes de correlación no alcanzan grandes probabilidades de significación, pero todos ellos tienden al mismo efecto.

T A B L A 43

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en magnesio de cambio, en ppm., de los suelos agrícolas y su pH y contenido en P, K, Ca, C y N.

Suelos	Calcio	Fósforo	Potasio	Carbono	Nitrógeno	pH
Tradicional	0,480*	0,041	0,279	-0,039	0,022	0,043
Todos	0,144	-0,089	0,132	-0,067	0,086	0,001

*significación al nivel del 1%.

Para el carbono, nitrógeno y pH los valores de r que se encuentran solo indican que no influyen en el contenido en magnesio de cambio de las muestras estudiadas.

La variación de los coeficientes de correlación para el calcio y magnesio vienen a confirmar lo dicho anteriormente. En los suelos no muy alterados - de trata-

miento tradicional - existe una cierta relación entre ambos nutrientes - probabilidad de significación de x del 1% -, pero al estudiar todos los suelos, la introducción de los de cultivo racional - en los que se procura sobre todo mejorar su acidez - hace que tienda a desaparecer dicha relación natural.

Por otra parte hemos estudiado, también, la razón Ca / Mg , ambos en miliequivalentes, por considerar que podía aportarnos mas pruebas a nuestra hipótesis, y cuyos resultados damos en la tabla 44. Los suelos que hemos considerado " a priori " como altamente modificados nos dan razones elevadas a excepción del 31. En los de cultivo tradicional son casi todos ellos bajos. Las causas de esta variación pueden ser debidas o a aumento del contenido en calcio por los aportes - lo que parece la razón fundamental en los suelos 29,30, 32 - o a la extracción por las cosechas de excesivas cantidades de magnesio, dado el cultivo intensivo de maíz a que están sometidos muchos suelos (76), pues es indudable que si las especies sembradas son de pequeña producción la cantidad de magnesio extraída será menor.

En la tabla 45 se da el contenido en magnesio en los perfiles de los suelos naturales; la mayor riqueza

Suelos	Ca/Mg	Suelos	Ca/Mg	Suelos	Ca/Mg
1	5,7	12	3,6	23	5,1
2	4,0	13	6,8	24	5,9
3	2,1	14	2,7	25	8,9
4	2,4	15	3,4	26	5,1
5	3,2	16	13,6	27	18,2
6	3,1	17	13,6	28	73,0
7	4,7	18	5,1	29	21,5
8	5,4	19	5,4	30	21,8
9	4,1	20	5,5	31	8,8
10	7,8	21	23,0	32	12,8
11	2,5	22	3,8	33	5,7

Valores de la razón Ca/Mg, en miliequivalentes, para los suelos agrícolas.

corresponde a los horizontes superficiales, entre los que destaca el del perfil XII con 220 ppm. El estudio estadístico de los datos del contenido en magnesio de los de ladera está resumido en la tabla 46.

Los coeficientes de variabilidad, más altos todavía que para el calcio, nos indican la gran disparidad de estos suelos para este elemento.

En la fig.19 se puede seguir la evolución del contenido en Mg en meq/100. Existe la tendencia a disminuir

CONTENIDO EN MAGNESIO EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (ppm.).

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XIV	XII
HORIZONTES												
Superficial	16	16	34	8	22	24	46	12	8	35	40	220
Superior	8	7	10						14		32	163
				5	10	2	15	14		11		
	18	13	17						8		13	40
Medio	18	7	7	3	10	13	12	1	6	4	13	25
											13	49
Inferior	16	7	9	8	5	7	16	1	3	4	18	130
MEDIA	15,8	9,6	12,5	5,6	14,5	9,6	18,8	4,0	7,0	8,5	-	-

Horizontes	Media	σ	C_v	E
Superficial	22,1	12,87	58,2%	4,06
Superior	14,2	5,27	37,1%	1,67
Medio	8,1	5,26	64,9%	1,67
Inferior	7,6	5,04	66,3%	1,59
Media	10,6	4,72	46,9%	1,50

Valores medios del contenido en magnesio de cambio, en ppm., de los horizontes de los suelos de ladera; desviación típica, coeficientes de variabilidad y errores standard de los mismos.

con la profundidad - véanse las medias de la tabla 46 - pero las curvas que resultan son bastante diferentes; destacan por su irregularidad los perfiles XII, VII y III. Las curvas de calcio y magnesio como se puede observar en la mencionada fig. 19, son bastante similares en sus fluctuaciones.

En cuanto a la razón Ca/Mg , en miliequivalentes, para los suelos naturales, damos sus valores en la tabla 47 en la que se puede ver la gran divergencia de unos suelos a otros, tanto en su valor para cada horizonte como en su distribución con la profundidad.

VALORES DE LA RAZON Ca/Mg EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (en mg)

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	XII
HORIZONTES												
Superficial	1,9	1,9	1,8	3,6	1,4	2,5	2,1	3,5	6,4	1,9	2,3	2,3
Superior	2,1	5,0	5,6						4,2		2,4	1,6
				5,0	1,3	12,5	4,6	2,5		4,4		
	1,3	1,8	2,8						7,1		0,1	1,5
Medio	1,7	6,7	5,0	5,0	1,9	2,7	5,0	35,0	9,0	15,0	0,1	2,8
											0,1	1,7
Inferior	1,9	4,2	4,4	5,7	2,5	20,8	5,4	40,0	23,3	15,0	0,1	0,8

El contenido en manganeso en los suelos cultivados se da en la tabla 15 y oscila entre un mínimo de 2,9 ppm. y un máximo de 32,6 ppm. de Mn.

Es indudable que los diferentes factores que pueden influir en el manganeso reducido de los suelos, marcan las diferencias observadas (34,59,77) y el comportamiento de este elemento, está condicionado a los cambios iónicos del mismo. Las condiciones de oxi-reducción de los suelos ácidos determinan el cambio entre las formas oxidadas de manganeso y el manganeso divalente, que participa en el complejo de cambio y es útil para las plantas. La desaparición del manganeso de cambio también puede tener lugar en los suelos muy filtrantes de zona lluviosa, ricos en materia orgánica. Por el contrario la falta de permeabilidad en suelos con condiciones reductoras, conduce a una acumulación que puede originar daños a las plantas.

Damos en la tabla 48 un resumen del estudio estadístico de los valores del contenido en manganeso. Los coeficientes de variabilidad son altos, debido a que el gran número de factores que influyen en el equilibrio del manganeso dan lugar a que las muestras tengan contenidos muy diferentes. Varía dicho coeficiente cuando se trata de todos los suelos y aunque los valores máximo y mínimo

son los mismos, disminuye la media de modo notable, si consideramos el pequeño número de muestras que producen la alteración, disminuyendo su valor. Si tenemos en cuenta que las prácticas agrícolas racionales tienden a elevar el valor del pH, por ejemplo, las variaciones que se señalan están de acuerdo con las concepciones teóricas del equilibrio del manganeso en el suelo.

T A B L A 48

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	σ_v	ϵ
TRADICIONAL	14,7	32,6	2,9	7,79	53,0%	1,50
TODOS	13,3	32,6	2,9	7,80	58,6%	1,36

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad por ciento y errores standard del contenido en manganeso, en ppm, de los suelos cultivados.

Para confirmar las posibles relaciones entre el contenido en manganeso y cada una de las causas que se considera pueden alterar su estado en el suelo, o su asimilación por las plantas, se calcularon los coeficientes de correlación de dichos valores con respecto al pH

fósforo, calcio, carbono, p-potasio y razón C/N, cuyos resultados se dan en la tabla 49.

T A B L A 49

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en Mn, en ppm., de los suelos agrícolas y su pH, razón C/N y contenido en fósforo, p-potasio, calcio y carbono

Suelo	pH	fósforo	calcio	potasio	carbono	C/N
Tradicional	-0,357'	-0,324'	-0,242	-0,106	-0,136	-0,111
Todos	-0,474"	-0,534"	-0,439"	-0,154	-0,208	-0,260

'significación entre 5 y 10%; "significación para 2%;

"significación superior al 1%.

El signo negativo de todos los coeficientes de correlación señala los límites en que se encuentran los distintos valores de las variables que se estudian.

Indudablemente debería existir una cierta relación entre el pH y el contenido en manganeso de cambio, dada la importancia que la acidez tiene en el equilibrio manganeso-mangánico (46,48,85). Cuando se han estudiado los datos de los suelos de cultivo tradicional solamente, el coeficiente que resulta es de una probabilidad de signi-

REGRESION Mn-pH EN SUELOS AGRICOLAS

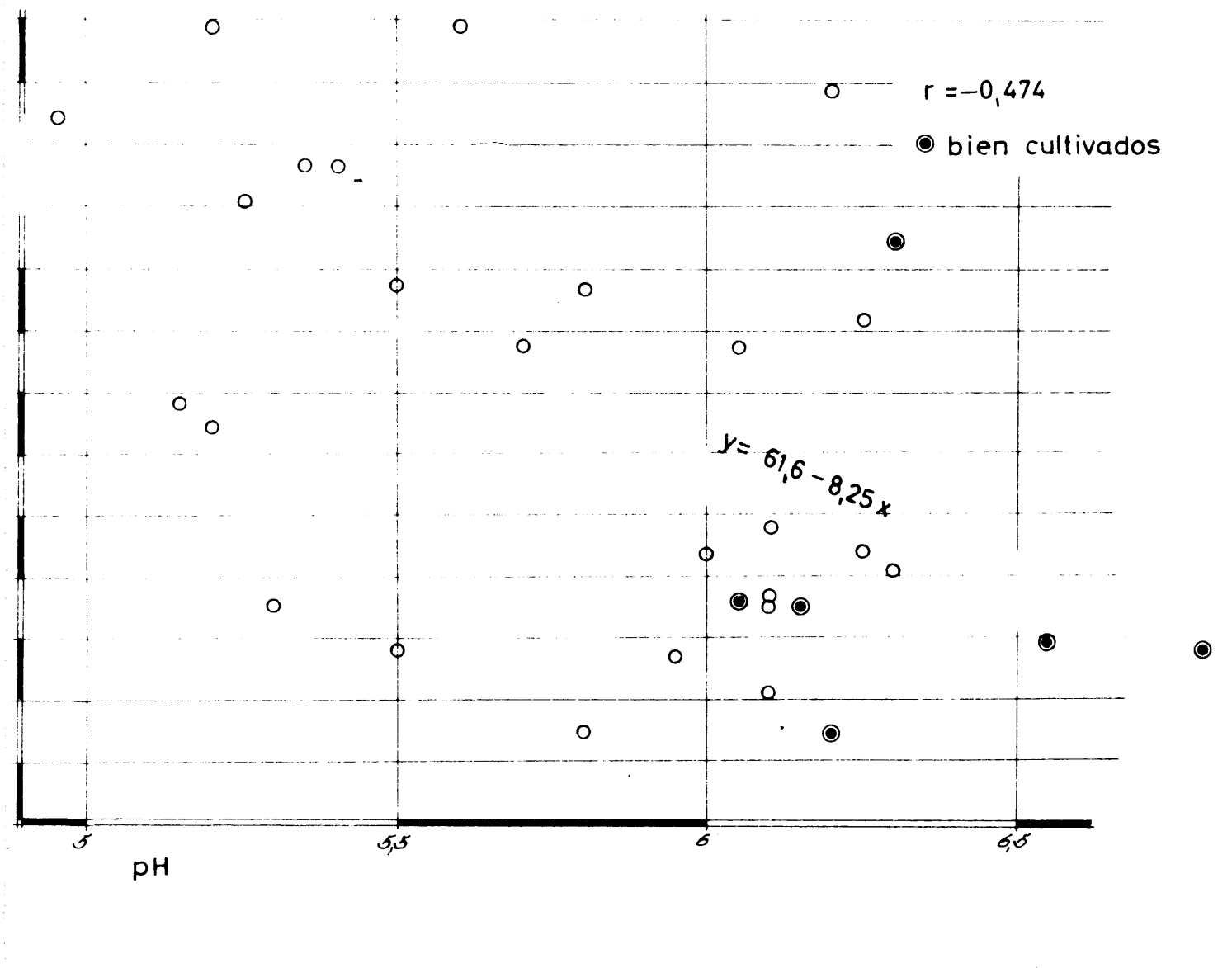


FIGURA 20.- Variación del contenido en manganeso, con el pH en los suelos agrícolas

ficación relativamente baja - 8% -, pero al considerar todos ellos, la probabilidad de la disminución del contenido en man ganeso soluble al aumentar el pH es de nív-vel muy alto y está de acuerdo con la teoría.

Se confirma, por tanto, para estos suel-os, la influen-cia de la acidez en el equilibrio del manganeso, y se ve como un tratamiento "adecuado" puede eliminar la posi-ble toxicidad de este elemento.

Se han determinado las ecuaciones lineales de regre-sión entre los valores del pH y el contenido en Mn solu-ble y se representa en la fig. 20, la correspondiente a todas las muestras, pudiendo ver también en ella la dis-tribución de los suelos bien cultivados. Las ecuaciones son:

$$\text{Todos los suelos: } \text{Mn}_{\text{ppm.}} = 61,6 - 8,25 \times \text{pH} \\ (\text{error standard } 6,98)$$

$$\text{Cultivo tradicional: } \text{Mn}_{\text{ppm.}} = 54,5 - 6,98 \times \text{pH} \\ (\text{error standard } 7,42)$$

Puesto que se había encontrado relación entre el pH y el fósforo fácilmente soluble y existe, como se señaló antes, influencia de la acidez sobre el contenido en man-ganeso, es posible que este y el fósforo guarden entre sí una estrecha relación. Los coeficientes de correlación

REGRESION Mn - P EN SUELOS AGRICOLAS

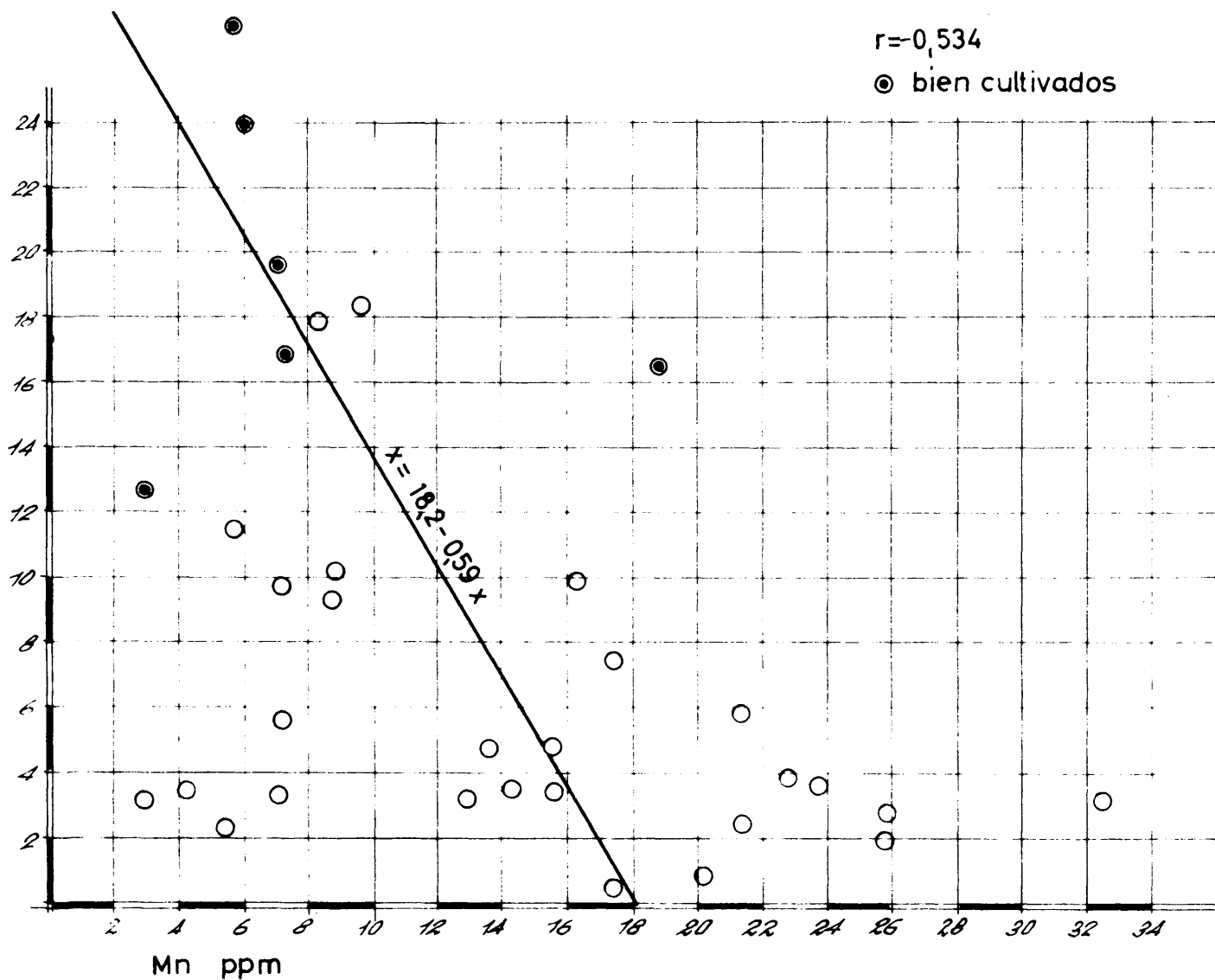


FIGURA 21.- Variación del contenido en manganeso, con el fósforo en los suelos agrícolas.

calculados, $-0,324$ y $-0,543$, según se utilicen los datos de los suelos de cultivo tradicional o todos los agrícolas de nuestro estudio, respectivamente, muestran valores de significación de orden semejante a los que se presentan para pH y manganeso.

Es indudable que la presencia de abundante manganeso de cambio es incompatible con un contenido adecuado de fósforo soluble. Las ecuaciones de regresión lineal correspondientes son:

$$\text{Todos los suelos: } \text{Mn}_{\text{ppm}} = 18,2 - 0,59 \times \text{P}_2\text{O}_5 \text{ mg/100} \\ (\text{error standard } 6,71)$$

$$\text{Cultivo tradicional: } \text{Mn}_{\text{ppm}} = 18,8 - 0,81 \times \text{P}_2\text{O}_5 \text{ mg/100} \\ (\text{error standard } 7,51)$$

La primera de ellas se representa en la fig. 21.

La posible influencia del calcio sobre el estado del elemento que estamos estudiando (15), se ha investigado calculando, sinismb, sus correspondientes coeficientes de correlación. Estos son más bajos que los mencionados antes $-0,242$ y $-0,439$ - como puede verse en la tabla 49, aunque la tendencia es similar a la de los estudiados. También aquí aparece un valor de r superior, al considerar todas las muestras.

Podemos afirmar que existe relación entre el conte-

REGRESION Mn - Ca EN SUELOS AGRICOLAS

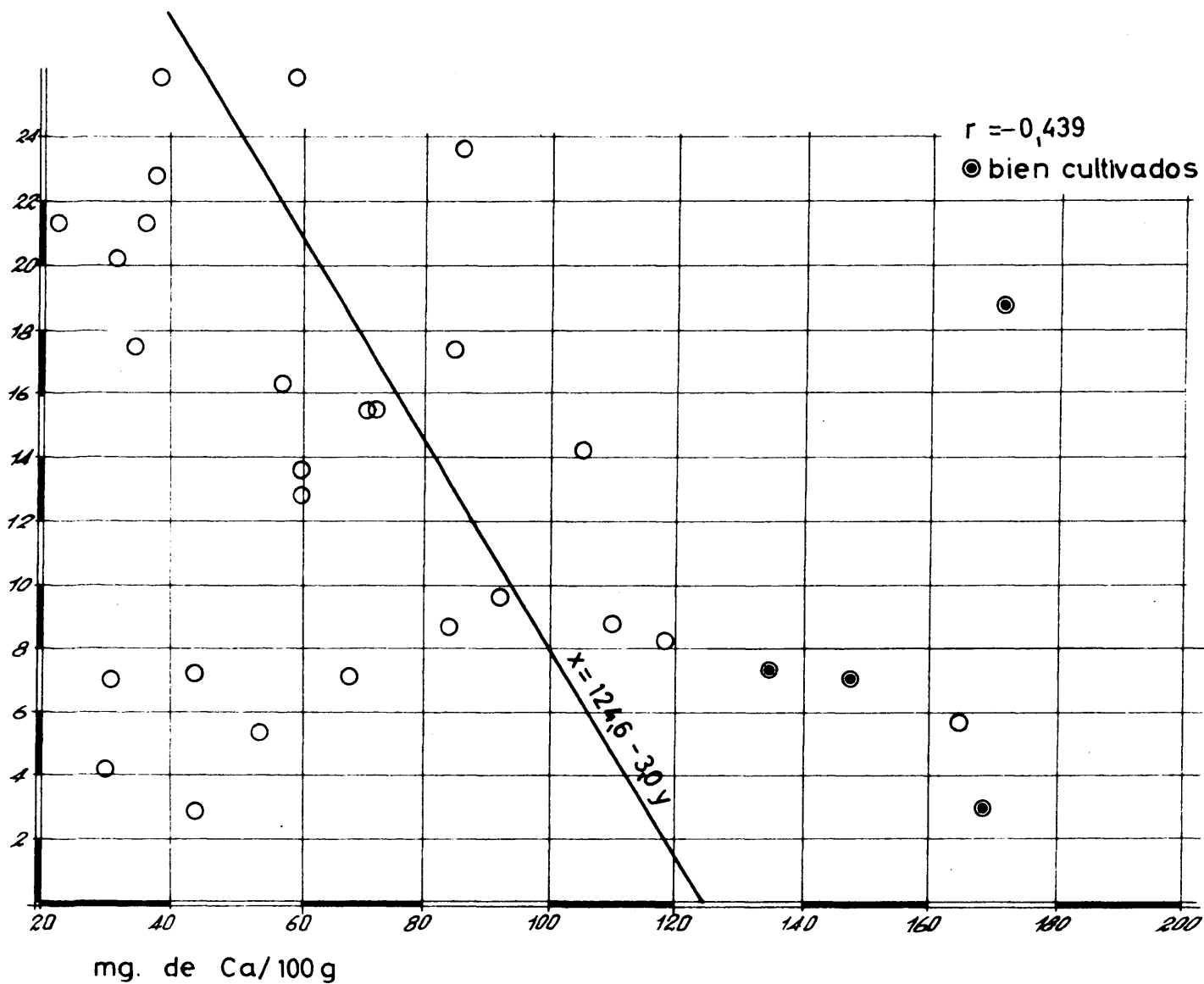


FIGURA 22.- Variaciones del contenido en calcio, con el manganeso, en los suelos agrícolas.

nido en calcio y manganeso de cambio, en los suelos de cultivo considerados, relación que se hace más estrecha cuanto más se modifiquen los terrenos con las prácticas agrícolas; esta relación indudablemente, es inversa.

Representamos en la fig. 22 la línea de regresión correspondiente a todas las muestras, como se viene haciendo en este estudio; su ecuación es :

$$\text{Ca}_{\text{mg/100}} = 124,6 - 3,0 \times \text{Mn}_{\text{ppm.}}$$

(error standard 47,3)

Dada la importancia de la materia orgánica en los procesos de oxidación-reducción, y estos a su vez en el contenido en manganeso divalente, hemos estudiado, también, la posible relación entre el contenido en aquella - estudiada como carbono - y el manganeso. Los valores de \bar{r} hallados, tabla 49, no permiten, para estos suelos, asegurar una gran influencia, aunque sí parece ser existe una cierta tendencia a que el aumento del contenido en aquella hace disminuir la cantidad de manganeso divalente, probablemente debido a que la materia orgánica puede fijarlo dando complejos insolubles (22,34). La variación de la razón C/N referida a la del elemento estudiado muestra gran similitud con lo indicado para el carbono, sin que por lo tanto se pueda señalar

gran relación entre ambas.

Por último se investigó la posible dependencia entre el potasio soluble y el manganeso de cambio, y de los valores encontrados ~~para~~ p no se puede inferir una influencia clara, aunque también en este caso se observa el mismo sentido, tanto del signo negativo de los coeficientes, como la tendencia a una mayor relación al considerar todos los suelos.

De lo expuesto sobre manganeso para los suelos cultivados, se p-uede deducir la gran influencia que puede ejercer el hombre sobre las condiciones del suelo en relación con este elemento y como un tratamiento considerado racional, aún logrando importantes mejoras, puede originar la disminución del contenido de las formas útiles de algunos elementos - Mg ya señalado y Mn - hasta valores insuficientes ppara una nutrición equilibrada de las plantas.

El contenido en manganeso de cambio de los suelos naturales que se da en la tabla 50 es en general muy bajo, a excepción de uno de los perfiles de ladera, el I, y del XII; dichos valores están comprendidos entre 56,2 p pm. y 0,2 ppm. Dada la gran diferencia que existe entre

CONTENIDO EN MANGANESO EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (ppm.).

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	XI	IV	XII
----------	---	----	-----	---	----	-----	------	----	----	----	-----

HORIZONTES

Superficial	28,8	3,0	1,4	0,8	0,2	0,6	1,9	0,6	0,6	1,6	2,7	56,2
-------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Superior

	5,4	0,5	0,6						0,5		3,4	5,5
--	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	-----	--	-----	-----

O,

	5,2	1,2	0,2	0,8	0,3	0,5	0,7	0,6		1,5	4,7	0,8
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	-----	-----	-----

Medio

	8,6	1,0	0,9	0,9	0,1	0,6	0,8	0,6	3,2	0,6	0,4	0,6
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Inferior

	1,9	0,9	0,8	0,8	0,4	1,4	0,2	0,4	1,6	0,3	1,5	0,4
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

MEDIA

	7,6	1,1	0,8	0,7	0,2	0,9	0,7	0,6	1,7	0,8	-	-
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---

el contenido en este elemento del perfil I y los demás de ladera, en el resumen estadístico que se da en la tabla 51 se ve la gran influencia que ejerce este suelo sobre las desviaciones. Nos remitimos a los coeficientes de variabilidad que son excesivamente elevados. Las me-

T A B L A 51

Horizontes	Media	σ	C_v	ϵ
Superficial	4,0	8,74	218,5%	2,66
Superior	1,7	2,97	174,7%	0,93
Medio	1,7	2,55	150,0%	0,80
Inferior	0,8	0,61	76,6%	0,19
Media	1,5	2,17	144,6%	0,69

Valores medios del contenido en Mn de cambio , en ppm, de los horizontes de los suelos de ladera, desviación típica, coeficiente de variabilidad y errores standard de los mismos.

días que resultan si se omite el suelo I de los collados, p-or el mismo orden que se dan en la tabla, son: 1,2 - 0,8 - 1,0 - 0,7 - 0,8. La variación entre ellas es muy pequeña y representa mejor el contenido en este elemento

DISTRIBUCION DEL Mn EN LOS SUELOS NATURALES

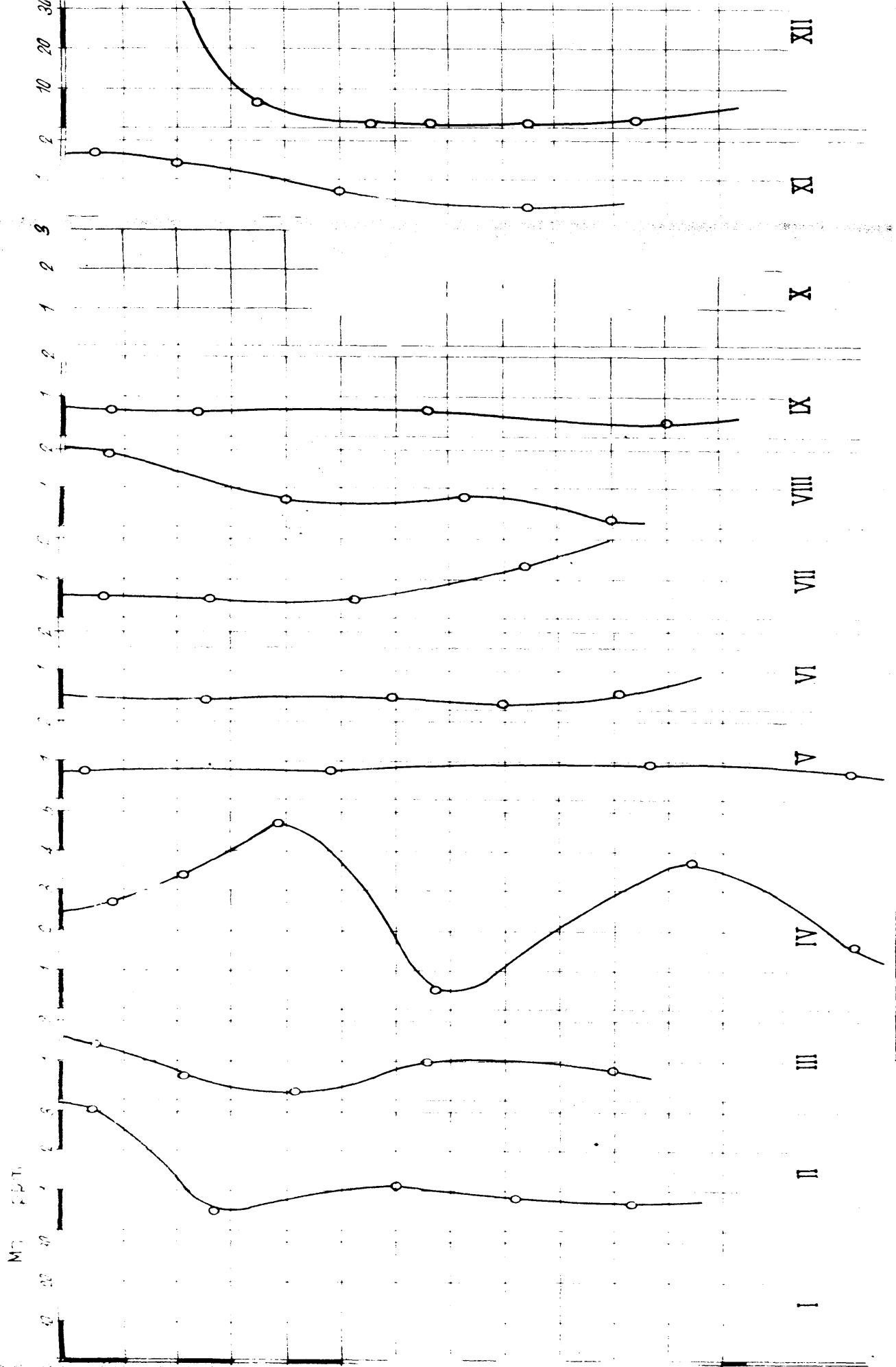


FIGURA 23.- Curvas de distribución con la profundidad del manganeso, en ppm, en los suelos naturales; las cifras romanas indican el número de cada suelo.

en la mayoría de los perfiles.

La distribución con la profundidad que se puede ver en la fig. 23, es bastante irregular. El nº IV se comporta anormalmente, como viene sucediendo para casi todos los elementos; el elevado pH de su horizonte superficial influye decisivamente en su bajo contenido en manganeso de cambio. Ya se señaló la gran riqueza superficial - en la gráfica tienen escala inferior - de los perfiles I y XII. En cuanto a los demás de ladera nos encontramos con que algunos aumentan sus valores - en cantidades pequeñas - con la profundidad, claramente en los número III, VII y X, y en otros se mantiene un valor casi uniforme a todo lo largo del perfil.

Los valores que nos da el método utilizado para el contenido en hierro son bajos y en la tabla 15 se dan los resultados hallados para los suelos agrícolas. Oscilan éstos entre 0,3 y 6,8 ppm. de Fe soluble. Este elemento se encuentra en el suelo bajo formas pseudo solubles, formando complejos ferro y ferrisilícicos en medios poco ácidos y pobres en humus y complejos ferro-orgánicos en medios ácidos ricos en humus (16,86), pero si las condiciones de oxidación son favorables existe poco hierro

en la solución del suelo. El resumen de los resultados se exponen en la tabla 52.

T A B L A 52

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	ϵ
TRADICIONAL	2,4	6,8	0,5	1,39	57,9%	0,20
TODOS	2,3	6,8	0,3	1,43	62,1%	0,21

Valores máximos, mínimos y medios, desviaciones típicas, coeficientes de variabilidad por ciento y errores standard del contenido en Fe de cambio, en ppm,, en los suelos agrícolas.

La variabilidad de las muestras es elevada. Es muy pequeña o no existe alteración notoria cuando se estudian todos los suelos, descendiendo algo en el valor mínimo, lo que arrastra ligeramente la media, aumentando también un poco la variabilidad. No podemos asegurar con estos márgenes tan estrechos de variación que los tratamientos considerados racionales, hasta ahora, causen disminución en la fracción de Fe que nosotros estudiamos.

Con el objeto de ver si existían influencias recíprocas entre este elemento y otros factores y nutrientes estudiados hemos calculado los correspondientes coeficien

tes de correlación cuyos valores damos en la tabla 53. Creemos que el no obtener una probabilidad de significación razonable, para el pH por ejemplo, confirma las alteraciones que experimenta el Fe cuando se secan las muestras y la posible influencia del pH del extractor.

T A B L A 53

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en hierro de los suelos cultivados y su pH y contenidos en fósforo, calcio y manganeso.

Suelos	pH	Fósforo	Manganeso	Calcio
Tradicional	0,131	0,022	- 0,269	- 0,170
Todos	0,101	-0,017	- 0,185	- 0,074

Se p-uede ver en la tabla 54 el contenido en la fracción de hierro determinada en los perfiles de los suelos naturales, cuyo análisis estadístico se resume en la tabla 55. Dichos valores están comprendidos entre un máximo de 8,3 y un mínimo de 0,0 ppm de Fe.

El coeficiente de variabilidad de la media parece señalar una cierta homo-geneidad entre los perfiles de ladera, pero las variaciones que a lo largo de los per-

CONTENIDO EN HIERRO EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (ppm.).

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	XII
HORIZONTES												
Superficial 4,3	5,2	0,3	3,2	1,7	2,6	2,8	4,5	2,2	5,2	0,7	2,0	
Superior	0,8	3,2	3,5					1,2		0,7	0,6	
	0,7	1,5	2,1	1,7	2,3	0,6	1,3	2,6	3,6			
								0,9		6,0	1,3	
Medio	4,0	1,4	1,2	0,6	1,3	1,0	1,2	2,0	0,7	1,4	2,9	0,1
										1,2	0,6	
Inferior ind.	1,2	0,2	0,1	0,1	0,2	2,6	1,2	0,4	0,6	0,7	ind.	0,4
MEDIA	1,8	2,3	2,1	1,1	1,5	1,7	1,4	2,1	0,9	2,0		

DISTRIBUCION DEL Fe. EN LOS SUELOS NATURALES

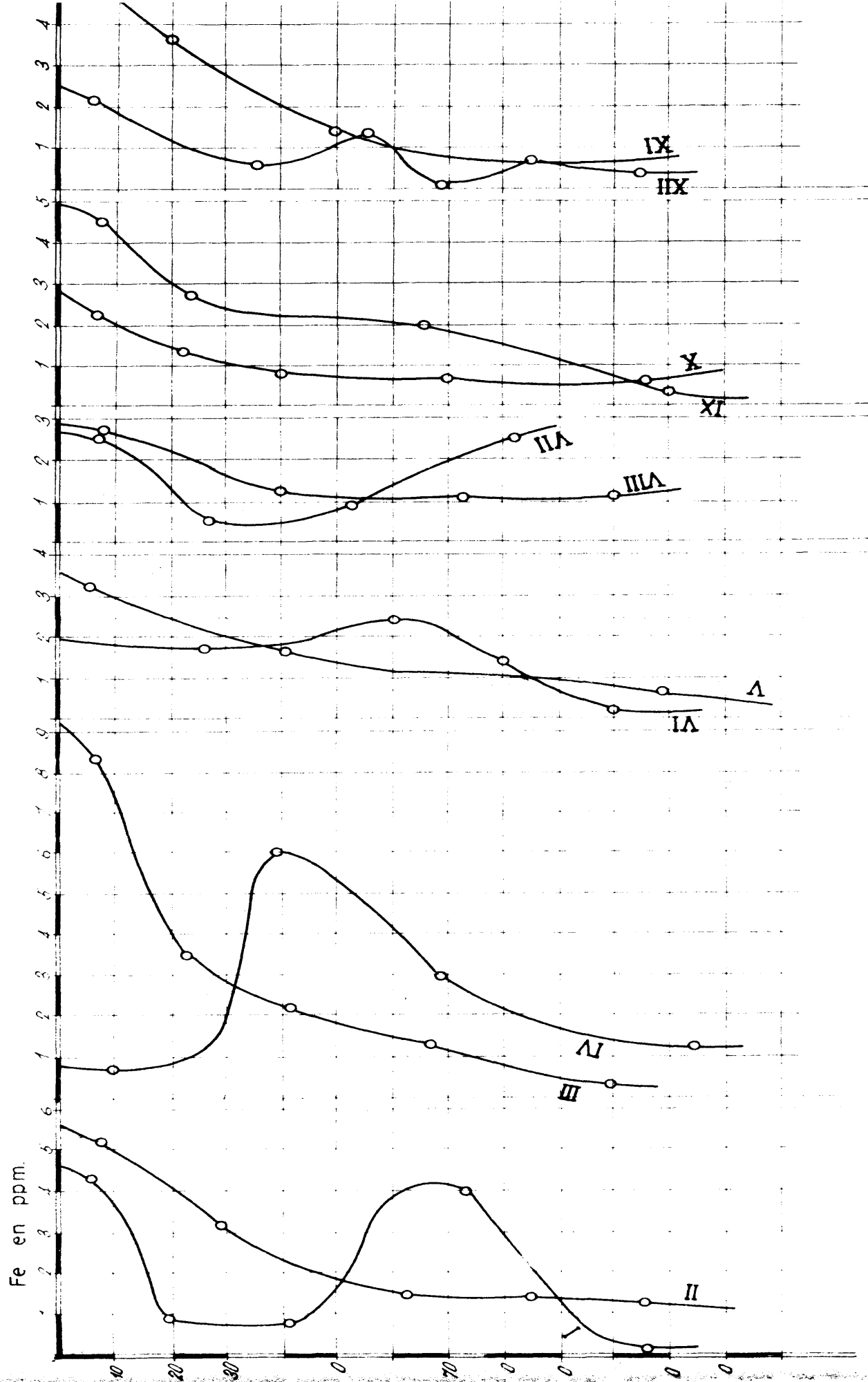


FIGURA 24.-- Curvas de distribución con la profundidad del hierro, en ppm., en los suelos naturales; las cifras romanas indican el número de cada perfil.

files experimentan los contenidos en Fe hacen que las capas en que se han dividido sean muy diferentes de unos a otros, en especial la profunda.

T A B L A 55

Horizontes	Media	\bar{G}	C_v	ϵ
Superficial	4,0	1,95	48,7%	0,62
Superior	2,4	1,15	47,9%	0,37
Medio	1,5	0,97	64,7%	0,31
Inferior	0,7	0,62	112,9%	0,25
Media	1,7	0,46	27,1%	0,15

Valores medios del contenido en Fe de cambio, en ppm., de los horizontes de los suelos de ladera, desviación típica, coeficiente de variabilidad y errores standard de los mismos.

La distribución con respecto a la distancia a la superficie se puede observar en la gráfica 24. Vemos en ella que los suelos IV y XII - que no son de ladera - dan curvas bastante irregulares. Entre los otros perfiles existe una tendencia a disminuir con la profundidad el contenido en Fe - véanse las medias de la tabla 55 - con ciertas desviaciones, especialmente para el suelo I.

Los valores del contenido en aluminio extractable con acetato amónico normal neutro en los suelos cultiva-

dos se dan en la tabla 15 y están comprendidos entre un mínimo de 0,6 y un máximo - anormalmente elevado - de 67 ,2 ppm. de Al.

Estudiados los resultados analíticos se resumen en la tabla 56, en la que se dan los valores máximos, mínimos y medios y las variables estadísticas que venimos considerando en este trabajo.

T A B L A 56

SUELOS	Media	Máximo	Mínimo	σ	C_v	ϵ
TRADICIONALES	13,9	67,2	1,4	13,30	95,7%	2,32
TODOS	11,4	67,2	0,6	12,76	111,9%	2,22

Valores máximos, medios y mínimos, desviación típica, coeficiente de variabilidad por ciento y errores estándar del contenido en Al, en ppm., de los suelos agrícolas.

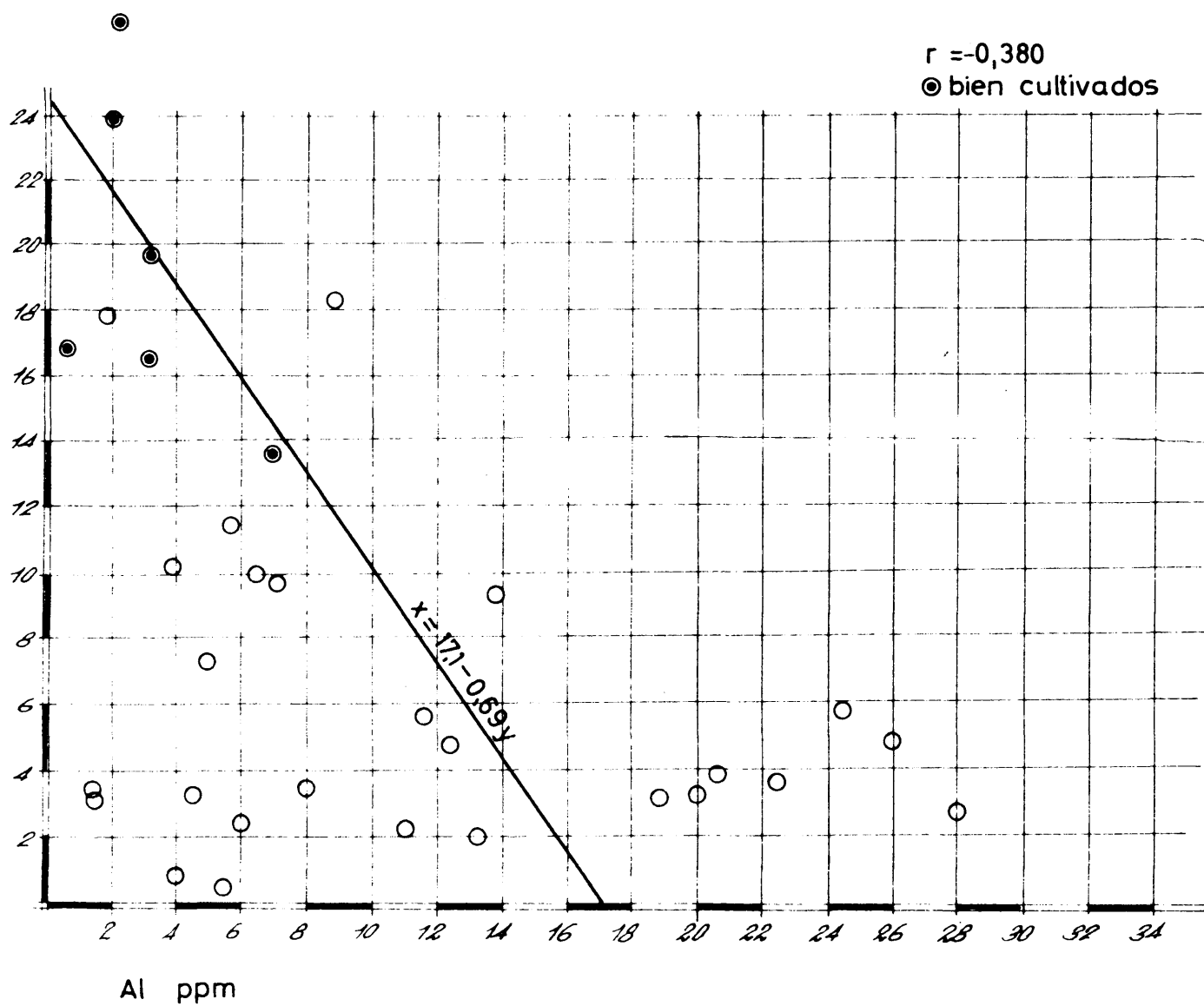
Los coeficientes de variabilidad están muy influenciados por el máximo - anormal - que a la vez que eleva sensiblemente la media aumenta en gran manera las desviaciones y sus cuadrados. Sin dicho valor las medias pasarían a ser 11,8 y 9,7 respectivamente. Se observa aquí también como los tratamientos racionales hacen disminuir el contenido en aluminio soluble como se refleja en las diferencias entre los resultados medios cuando se consi-

deran los suelos con tratamiento tradicional y todos los estudiados.

En las posibles transformaciones que puede experimentar el aluminio del suelo, desde la forma cambiante hasta la completamente bloqueada en las estructuras cristalinas, las propiedades de los suelos tendrán gran influencia, que provoca en nuestras muestras una gran diferencia en los contenidos en este elemento.

Uno de los factores que más pueden afectar al equilibrio entre las formas de aluminio es la acidez (18,96), por lo que hemos estudiado estadísticamente la posible relación entre el pH de los suelos cultivados con su contenido en Al soluble. Damos en la tabla 57 los coeficientes de correlación calculados que son variables según el grupo que se estudie, pero sin significación razonable para ninguno de ellos. El intervalo de pH en las muestras, entre 4,95 y 6,80 podría marcar diferencias en la solubilización del aluminio, y se puede ver, en la tabla 15, como a los suelos de la acidez indicada le corresponden contenidos en este elemento de 20,6 y 2,2 ppm, de Al respectivamente, de acuerdo con la teoría; sin embargo, la mayor parte de los suelos tienen un pH con un intervalo menor - ~~figura~~ 8 - por lo que las variaciones que experimenta el elemento que estamos estudiando parece que deben ser motivadas por otros factores.

REGRESION Al - P EN SUELOS AGRICOLAS



Valores de los coeficientes de correlación entre el con-
tenido en Al de cambio de los suelos agrícolas y sus pH
y contenidos en fósforo, calcio y carbono.

Suelos	pHp	Fósforo	Calcio	Carbono
Tradicional	0,050	- 0,194	- 0,312'	0,766"
Todos	- 0,175	- 0,380"	- 0,433"	0,531"

"significación del 5%; 'significación del 10%;" signi-
ficación del 2%; "significación superior al 1%.

En la fijación del fósforo tiene importancia la
formación - en los suelos ácidos - de fosfatos de al-u-
minio (26) por lo que la presencia de fósforo fácilmente
soluble no debeser compatible con la presencia de alumi-
nio de ca-mbio. Hemos calculado los coeficientes de corre-
lación correspondientes entre el contenido en aluminio y
fósforo y damos sus valores en la tabla 57. Efectivamen-
te tienen signo negativo como era de esperar, y son de
significación distinta, según consideremos uno u otro gru-
po de suelos, pero aunque uno de los valores de r es
bastante bajo, -0,194, podemos señalar que la existencia
de aluminio de cambio en el suelo inhibe o retrasa la so-
lubilización del fósforo. En la fig. 25 representamos la
recta de regresión correspondiente, cuya ecuación es:

$$\text{Aluminio ppm.} = 17,1 - 0,69 \times P_2O_5 \text{ mg/100}$$

(error standard 12,6)

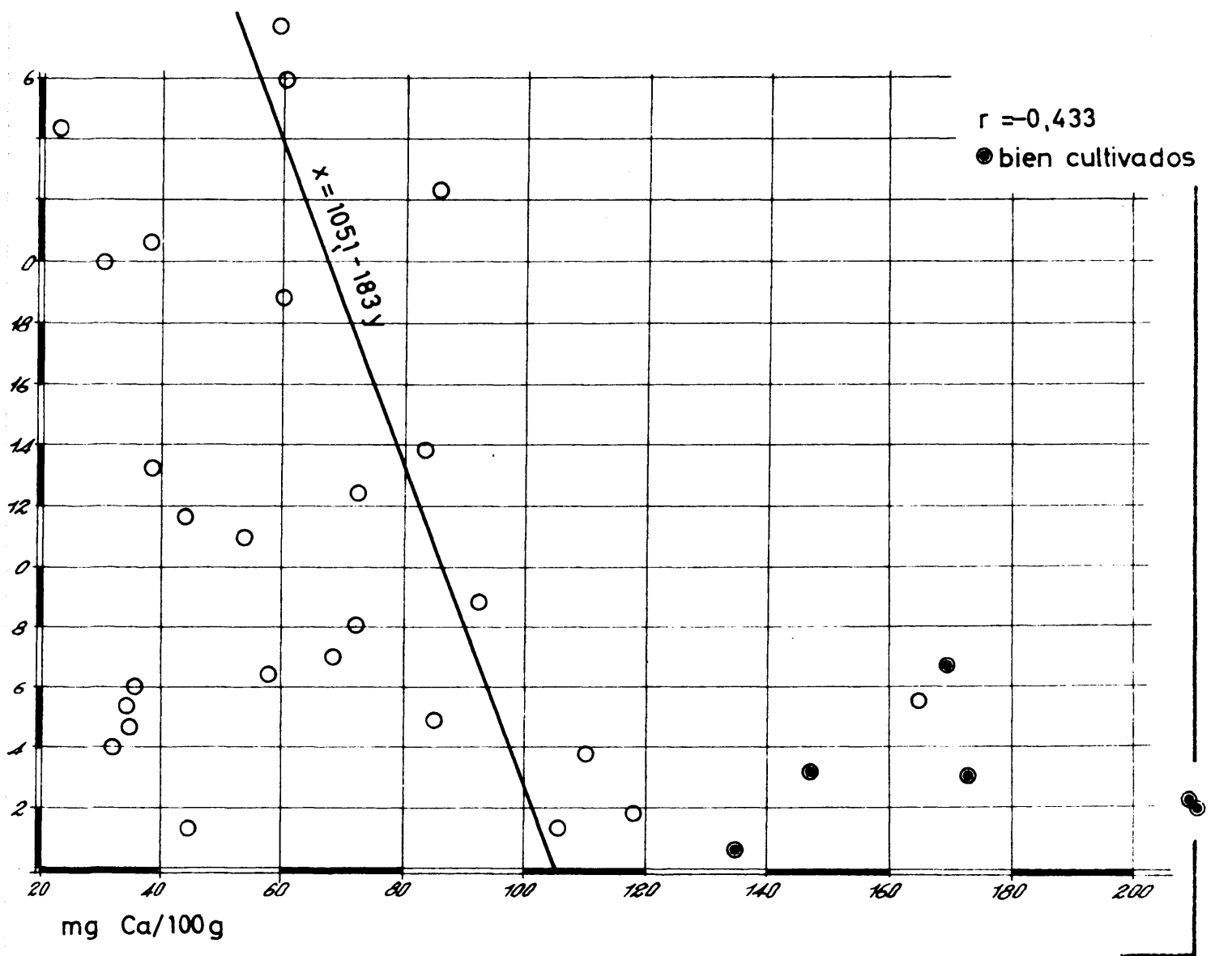


FIGURA 26.- Variación del contenido en calcio, con el aluminio, en los suelos agrícolas.

Se p-u-e²⁵de ver en la fig. como la distribución de los suelos bien tratados corresponde a valores bajos de aluminio soluble.

Tampoco es compatible, teóricamente, la presencia de cantidades elevadas de calcio de cambio y de aluminio cambiante o soluble. Para comprobar el comportamiento de los suelos estudiados se han calculado los correspondientes coeficientes de correlación cuyos resultados se dan en la tabla 57 . Los dos valores hallados son negativos, y de probabilidad bastante elevada confirmando así la incompatibilidad de estos elementos en el complejo de cambio del suelo. Es mayor también cuando se estudian todas las muestras.

Las rectas de regresión correspondientes tienen las ecuaciones siguientes:

$$\text{Todos los suelos: Calcio } \text{mg/100} = 105,1 - 1,85 \times \text{Al} \text{ ppm.} \\ (\text{error standard } 49,5)$$

$$\text{Cultivo tradicional: Ca } \text{mg/100} = 70,7 - 0,80 \times \text{Al} \text{ ppm.} \\ (\text{error standard } 30,6)$$

Se representa gráficamente la correspondiente a todos los suelos en la fig. 26.

Entre los factores que venimos estudiando la materia orgánica p-uede influir - como ya se señaló - en la forma en que se encuentra el aluminio del suelo. Para comprobar si existe relación hemos calculado los coeficientes de correlación correspondientes; los valores han

REGRESION AI - C EN SUELOS AGRICOLAS

$r = 0,531$

● bien cultivados

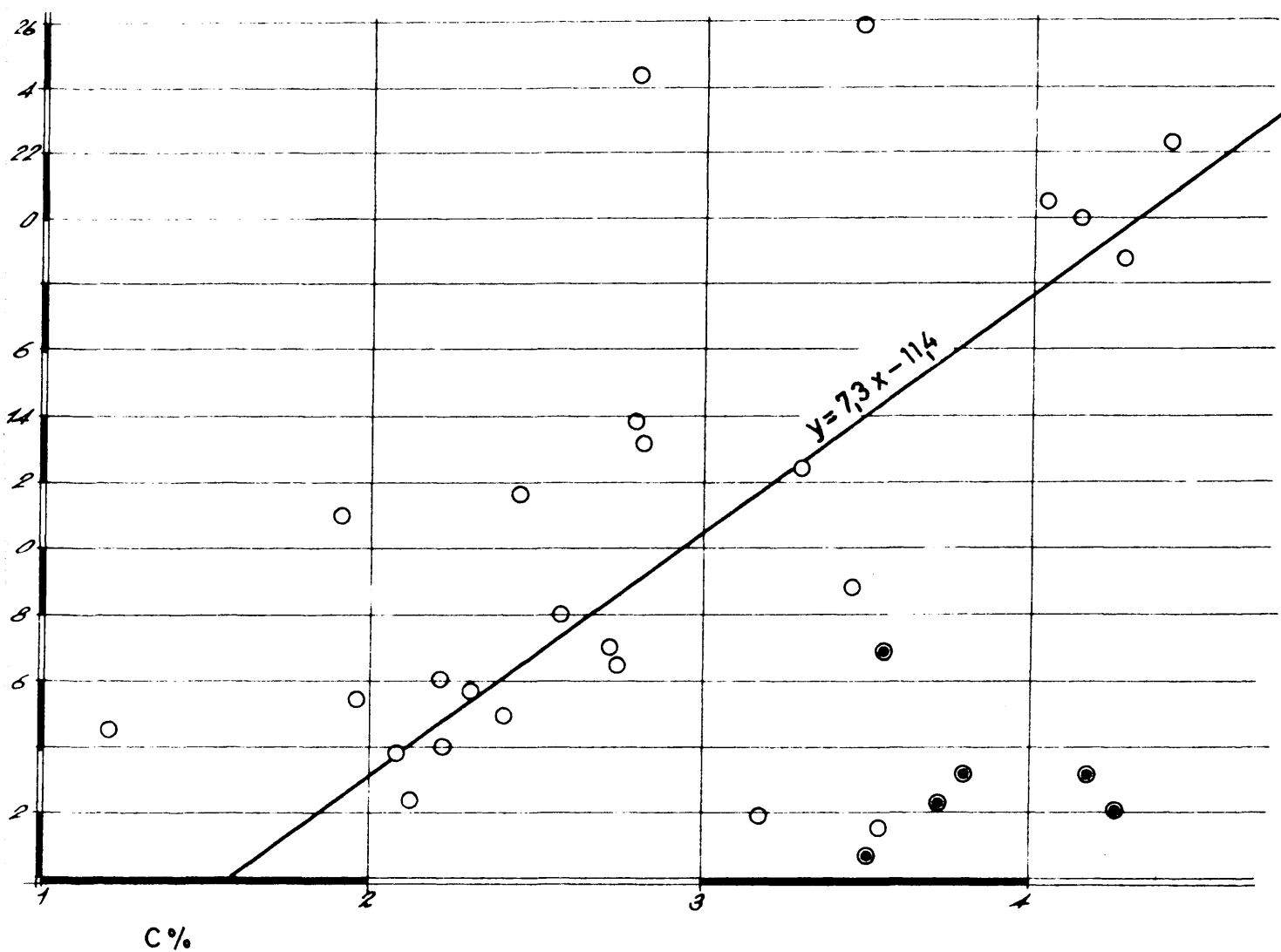


FIGURA 27.- Variación del contenido en aluminio, con la cantidad de carbono, en los suelos agrícolas.

resultado p-ositivos y de gran probabilidad de significación. Existe, pues, notable influencia del contenido en materia orgánica sobre la solubilización del aluminio del suelo en la zona estudiada. Las ecuaciones de las rectas de regresión entre el contenido en carbono y aluminio, son:

$$\text{Todos los suelos: } Al_{\text{ppm.}} = 7,3 \times C_{\%} - 11,4 \\ (\text{error standard } 11,0)$$

$$\text{Cultivo tradicional: } Al_{\text{ppm.}} = 10,4 \times C_{\%} - 9,9 \\ (\text{error standard } 8,7)$$

La fig. 27 representa la primera de estas ecuaciones, correspondiente a todos los suelos agrícolas estudiados.

En este caso los suelos bien cultivados se desvían mucho de la recta, lo que determina una disminución en el coeficiente de correlación cuando se consideran todos los suelos. Dichos coeficientes valen (tabla 57), 0,531 para todas las muestras y 0,766 para los de cultivo tradicional.

Nos encontramos, pues, que sobre el aluminio existe influencia grande y positiva de la materia orgánica y negativa del calcio de cambio en menor proporción, sin que al parecer el pH, en la zona, influya sobre la solubilidad de este elemento. A su vez la fracción soluble tiene importancia en la fijación del fósforo.

En los suelos naturales, especialmente en sus hori-

CONTENIDO EN ALUMINIO EN LOS PERFILES DE LOS SUELOS NATURALES (ppm.).

PERFILES	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IX	XII
Superficial	73,6	8,0	37,2	15,2	18,4	7,5	18,2	19,6	9,8	22,4	27,2	5,2
Superior	94,4	54,4	88,0						5,6		26,8	5,4
				40,4	34,4	4,1	61,6	0,6		21,6		
	80,8	69,6	88,8						5,0		0,1	0,7
Medio	52,4	31,2	90,0	13,2	68,9	3,9	16,0	0,3	26,0	8,4	11,6	0,3
											0,2	0,7
Inferior	44,8	12,0	67,2	6,8	30,0	5,7	3,0	1,4	2,2	4,2	2,1	0,3
MEDIA	64,7	41,0	76,6	23,7	31,4	5,1	30,9	2,9	11,0	11,2	-	-

Horizontes	Media	σ	C_v	E
Superficial	23,0	18,2	79,2%	5,76
Superior	37,1	28,6	77,1%	9,04
Medio	30,4	29,2	96,1%	9,23
Inferior	17,4	22,5	129,3%	7,11
Media	29,9	24,9	83,3%	7,90

Valores medios del contenido en aluminio de cambio, en p pm., de los horizontes de los suelos de ladera, desviaciones típicas, coeficientes de variabilidad y errores standard de los mismos.

zontes superficiales, se conjugan dos circunstancias que deben dar lugar a contenidos elevados de Al de cambio, su acidez y su contenido en carbono. Damos en la tabla 58 los resultados analíticos para ellos, en los que no son raros valores elevados, aunque los perfiles muestran grandes diferencias entre si; estos valores oscilan entre 0,3 y 94,4 ppm. de Al.

Resumimos en la tabla 59 el estudio estadístico de dichos valores. Los elevados coeficientes de variabilidad, altísimos para el horizonte inferior, indican las grandes diferencias entre los perfiles de ladera, diferencias que se ven claramente en las curvas de distribución representadas en la gráfica 28. En ella se puede observar como existen dos grandes grupos, uno de los cuales tiene valores superiores a 40 ppm., en algunos de sus horizontes; en todos los de este grupo, I, II, III, V, VI y VIII existen mayores cantidades de aluminio en las zonas inter-

medias de los perfiles. El suelo I, con valores menores, proporciona una curva similar y en los demás de ladera hay disminución del contenido en este elemento con la profundidad, lo mismo que para el suelo XII.

DISTRIBUCION DEL AL EN LOS SUELOS NATURALES

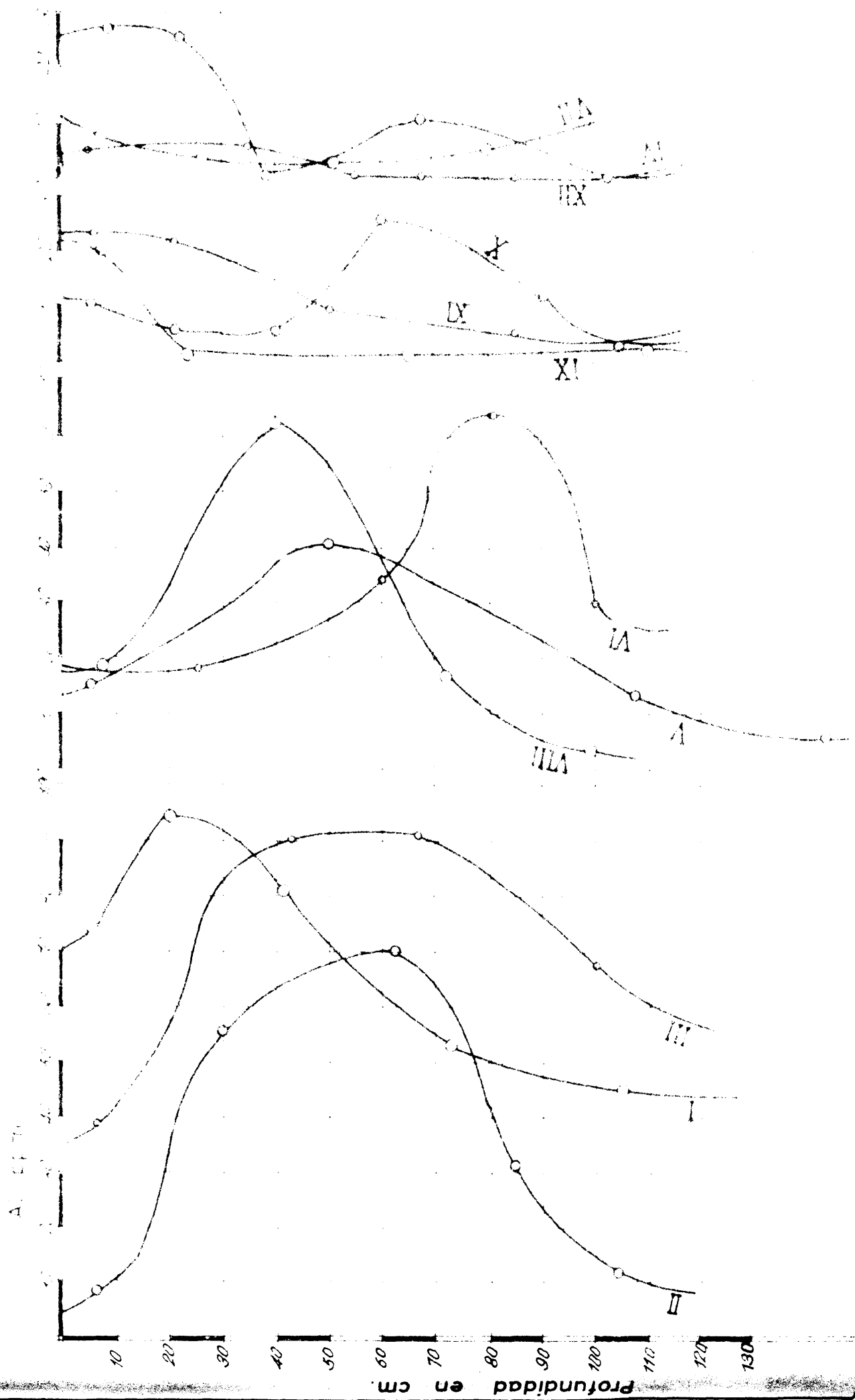


FIGURA 28.- Curvas de distribución con la profundidad del contenido en aluminio, en ppm., de los suelos naturales; las cifras romanas indican el número de cada suelo.

RELACIONES LADERA-VALLE

Hemos estudiado hasta aquí cada uno de los grupos de suelos, de ladera y de valle, por separado y veremos ahora las posibles relaciones que los pueden ligar en las variables que se han investigado en ellos. En cada caso, se determinan las relaciones entre los suelos de valle - cultivo tradicional - y cada una de las cuatro capas u horizontes en que se han dividido los perfiles de los de ladera, a saber, superficial, que corresponde a una profundidad media de 10 cms. - la del horizonte A_0 -; superior, que comprende una media de 50 cms. de profundidad desde la superficie; medio, que abarca entre 50 y 80 cms., en general, e inferior, desde 80 cms., hacia abajo, en altura variable según los suelos, cuyas relaciones se han estudiado estadísticamente y expuesto con anterioridad.

Dado que el número de suelos de ladera y de valle es diferente, los estudios estadísticos se han realizado por dos caminos diferentes para cada factor a considerar. En uno de ellos se toma como unidad la ladera y la media de las muestras correspondientes a cada valle, lo que da un total de diez pares de muestras; en el otro, los cálculos

se realizan considerando como unidad las muestras de valle, suponiendo ~~in~~uniformidad en la ladera correspondiente a cada valle, lo que da lugar a veintisiete pares de muestras. No es necesario señ^alar la importancia que tienen dichos números para la probabilidad de significación de los coeficientes de correlación que se darán en las tablas corresepondientes.

La media del pH de los suelos de valle es 5,70 y el coeficiente de variabilidad señala cierta uniformidad entre las muestras (tabla 16); en cuanto a los de ladera, los valores medios de cada horizonte aumentan con la profundidad y sus coeficientes de variabilidad no son muy diferentes de los anteriores. La media del perfil de 5,42, calculada según se señaló con anterioridad, no está muy alejada de la de las muestras cultivadas.

Hemos estudiado las correlaciones entre los valores del p-H de cada uno de los horizontes de los suelos naturales y los de los cultivados, cuyos coeficientes damos en la tabla 60.

Alcanzan valores de significación con buena probabilidad, por este orden, el horizonte profundo, la media, y el horizonte superficial en menor grado. Las prácticas agrícolas tradicionales pueden alterar las condiciones naturales de acidez como señalan los valores medios y es in

dudable un aumento de pH de los suelos cultivados, pero dicho incremento guarda una relación bastante estrecha con las p-ropiedades intrínsecas de los suelos de ladera, lo que está de acuerdo con lo indicado sobre su poder amortiguador.

T A B L A 60

Valores de los coeficientes de correlación entre el pH de los suelos cultivados y el de cada uno de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	0,618 '	0,278	0,130	0,678"	0,569'
Valle	0,340 '	0, 344'	0,176	0,521"	0,464"

'significación al nivel del 10%; "significativos para 2%;

^significación superior al 1%.

Es bastante probable que los naturales de ladera, especialmente sus capas profundas, determinen los valores de la acidez de los suelos cultivados, que no hayan sido muy al-terados.

Rep-resentamos en la fig. 29 las rectas de regresión correspondientes a los valores de mayor probabilidad de

significación; puede verse en ella, como para cada horizonte y según consideremos como unidad el valle o la ladera las p-ndientes son muy semejantes, no siendo muy diferentes las de los tres horizontes considerados. Las ecuaciones de las rectas representadas son las siguientes:

Unidad valle:

Superficial: $\text{pH}_{\text{valle}} = 0,61 \times \text{pH}_{\text{ladera}} + 2,78$

Inferior : $\text{pH}_{\text{valle}} = 0,46 \times \text{pH}_{\text{ladera}} + 3,16$

MEDIA : $\text{pH}_{\text{valle}} = 0,71 \times \text{pH}_{\text{ladera}} + 1,94$

(errores standard: 0,38; 0,34 y 0,36 respectivamente).

Unidad ladera:

Superficial: $\text{pH}_{\text{valle}} = 0,61 \times \text{pH}_{\text{ladera}} + 2,88$

Inferior : $\text{pH}_{\text{valle}} = 0,37 \times \text{pH}_{\text{ladera}} + 3,73$

MEDIA : $\text{pH}_{\text{valle}} = 0,61 \times \text{pH}_{\text{ladera}} + 2,56$

(errores standard: 0,29; 0,22 y 0,26 respectivamente).

Para la materia orgánica hemos visto que existe una gran variabilidad en los suelos agrícolas, debido, en parte, a los aportes que de ella se realizan habitualmente, con contenidos en carbono comprendidos entre 5,37% y 1,18%

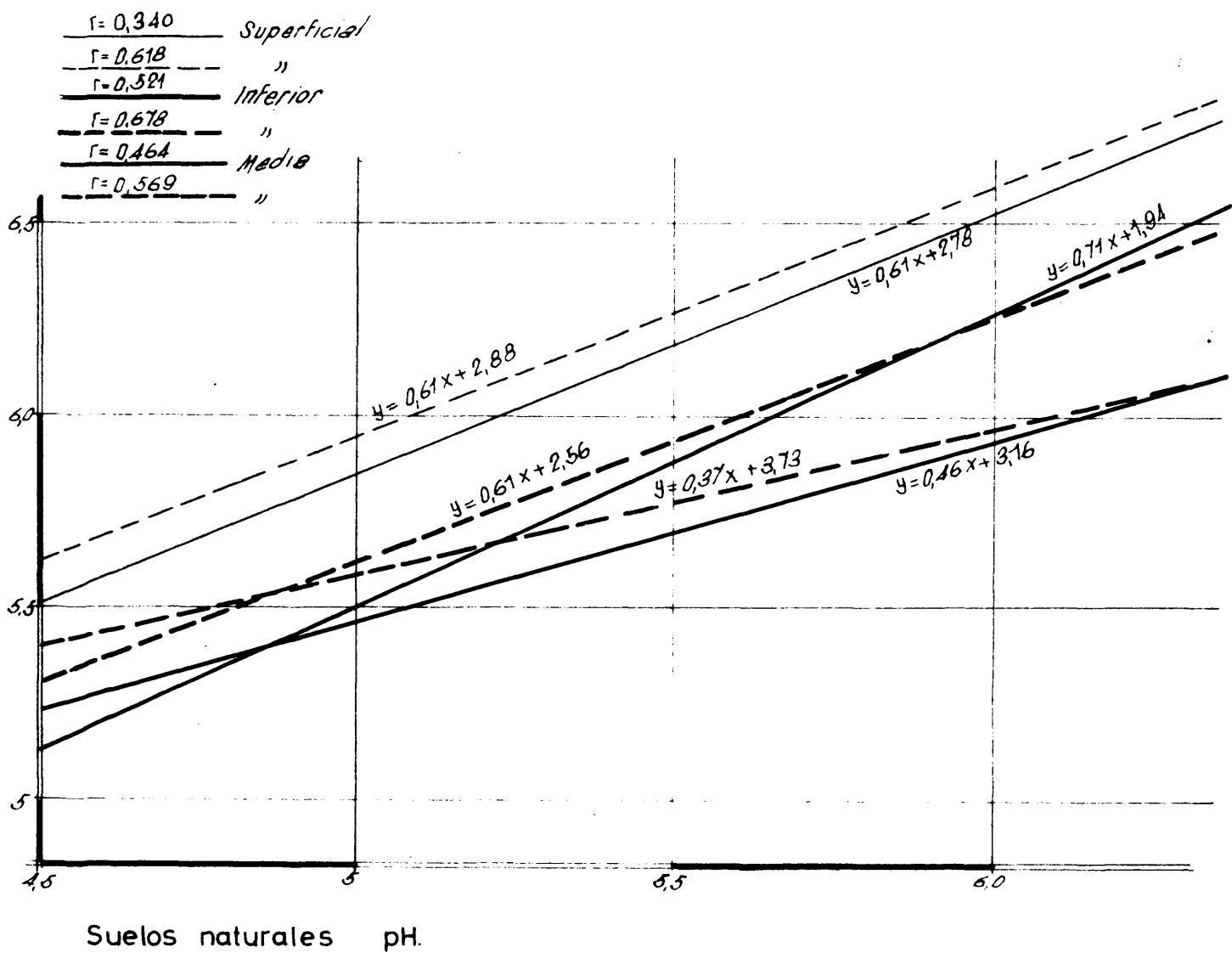


FIGURA 29.- Variaciones del pH de los suelos cultivados de valle, con relación al de la media y al de los horizontes superficial e inferior de los naturales de ladera.

(tabel 20). En los de ladera existe una clara disminución en profundidad, pero a la vez se producen, al aumentar ésta, mayores diferencias entre los perfiles (tabla 22); la media de los naturales es de 3,93%, superior a la de los cultivados, que es de 2,99%.

Se han calculado los coeficientes de correlación entre la riqueza en C de los suelos naturales y agrícolas, en la forma indicada, que se pueden ver en la tabla 61. En ella se observa como a excepción del horizonte superficial, los demás valores son positivos.

T A B L A 61

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en carbono, por ciento, de los suelos cultivados y el de cada uno de los horizontes de los suelos de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	- 0,245	0,457	0,312	0,102	0,227
Valle	- 0,193	0,332'	0,234	0,156	0,195

' significativo para un 10%.

Veamos la influencia de los horizontes de los suelos de ladera sobre los de valle. Las capas superficiales son de gran riqueza en carbono - media 10,91% - existiendo pe

queña variación entre ellas, por lo que es indudable que no pueden originar las grandes variaciones en los de valle. Sus coeficientes de correlación son negativos, pero pequeños, lo que parece indicar que a mayor acumulación en las laderas corresponde un menor aporte de materia orgánica al valle, y que esto no es regular. El horizonte superficial da los valores de r de mayor probabilidad, aunque ésta no sea muy grande (tabla 61) e indican la influencia de las propiedades naturales del suelo, pese a las transformaciones a que se ha sometido. El coeficiente de correlación de la zona intermedia, con menor significación - en ella la variabilidad aumenta a 74,0% - creemos que señala como el horizonte orgánico - superficial - es el que determina, en parte, el contenido en carbono de los suelos agrícolas. Dada la menor riqueza del horizonte profundo y sus mayores diferencias ($C_v = 140\%$), tabla 22, es lógica su menor correlación. La media influenciada por las capas tan dispares, tampoco da valores de significación razonable, pero en ellas se vé el gran predominio del horizonte orgánico.

Podemos señalar, por tanto, que los suelos de ladera constituyen uno de los factores determinantes del contenido en materia orgánica de los suelos de valle, aunque esta influencia se vea disminuida por las prácticas agrícolas.

Por su contenido en nitrógeno los suelos agrícolas se diferencian menos que por su riqueza en materia orgánica y presentan un valor medio de 0,27, (tabla 23); los naturales, como se ha visto, se diferencian más entre sí en sus capas inferiores y el contenido disminuye con la profundidad (tabla 25); la media es 0,29, sensiblemente igual a la de los cultivados.

Calculados los correspondientes coeficientes de correlación, que damos en la tabla 62, estos son bajos y variables.

T A B L A 62

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en nitrógeno total, en tanto por ciento, de los suelos cultivados y el de cada uno de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	- 0,322	- 0,188	-0,057	- 0,091	-0,405
Valle	- 0,162	- 0,060	0,045	0,079	-0,113

No podemos señalar la posibilidad de influencia de la ladera sobre el valle para este elemento, pese a lo obtenido para la materia orgánica y la estrecha relación de

ésta con el nitrógeno. Esto parece indicar que las alte raciones que experimenta aquella en su descomposición no cesan en los compuestos intermedios nitrogenados que se forman, y que estos sufren transformaciones que modifi can en mayor grado los valores del contenido de este ale mento en los suelos. Es sabido que las condiciones de deg composición de la materia orgánica son alteradas con las labores de cultivo y que los cambios que se producen se- rán diferentes al variar las condiciones externas, y aún las internas, puesto que la composición de los materiales orgánicos adicionados a los suelos cultivados es distin- ta a la materia orgánica natural de los suelos vírgenes.

Como se puede deducir de los datos presentados en las tablas 30 y 33, existen diferencias bastante notables entre los contenidos en fósforo de los suelos de valle, mientras que los de ladera varían en menor grado, por lo que las posibles relaciones entre ambos grupos deben ser mínimas, si existen. Hemos calculado los coeficientes de correlación y los resultados obtenidos se exponen en la tabla 63.

Ninguno de los valores de r alcanza una probabili- dad razonable, por lo que al parecer no existe influencia de los suelos de ladera sobre la cantidad de fósforo so-

luble de los de valle. Las alteraciones a que pueden dar lugar las prácticas agrícolas sobre diversos factores del suelo (pH, materia orgánica, contenido en calcio, etc.,) parecen ser las causantes de las variaciones en este elemento, en su forma asimilable.

T A B L A 63

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido de P_2O_5 , en mg/100, de los suelos agrícolas y el de cada uno de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Suprior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	0,351	- 0,037	0,303	0,029	0,344
Valle	0,220	0,044	0,309	0,011	0,162

Hay bastante diferencia entre la media del contenido en potasio de los suelos de cultivo - 17,0 mgs de K_2O /100 g - y la media de los de ladera - 4,7 mgs./ 100, (tabla 37). Sin embargo, los valores máximos en algunos perfiles - sobre todo en los horizontes superficiales, (tabla 36) - son bastante mayores que los de muchos de los suelos agrícolas. Las divergencias que hay entre los

naturales, según se observa de los coeficientes de variabilidad de sus horizontes, hacer prever pequeña relación, si existe, en el contenido en potasio entre ambos grupos de suelos. En la tabla 64 se dan los valores de los coeficientes de correlación calculados de la forma indicada.

T A B L A 64

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en K_2O , en mg/100, de los suelos cultivados y el de cada uno de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	0,250	0,080	-0,209	-0,424	-0,194
Valle	0,068	-0,031	-0,044	-0,183	-0,095

De los valores encontrados, ninguno alcanza una probabilidad de significación aceptable, por lo que no podemos asegurar que haya influencia de los suelos naturales sobre los agrícolas, para este elemento. No obstante el nivel inferior de los perfiles parece estar algo relacionado con el valle y dado el signo negativo de r y el menor contenido de la ladera, parece ser que el li-

xiviado del potasio p-uede incrementar el contenido de los suelos de va-lle a costa de los de ladera.

Se puede ver en las tablas 15 y 40, como el contenido en calcio de cambio del suelos cultivado de valor más bajo es superior a cualquiera de los encontrados en los de ladera. Ya se señaló como todos estos suelos, por los factores que en ellos concurren, son pobres en calcio de cambio, con bastante variabilidad entre sí, tanto en los agrícolas (tabla 38), como en los horizontes de los perfiles (table 41). Si las diferencias entre los de ladera son la causa de la variación en contenido en este elemento en los agrícolas, es muy probable la existencia de relaciones entre sus valores. Los coeficientes de correlación que el cálculo estadístico nos ha proporcionado se exponen en la tabla 65.

Los coeficientes de correlación tienen valores bastante semejantes que disminuyen con la profundidad, siendo en el horizonte superficial de alrededor del 5% de significación. La media de los valores de r con probabilidad alta, lo que confirma la influencia de la ladera sobre el valle. Es de observar que el signo de todos ellos es negativo, lo que p odría suponer que una mayor reten

ción de bases en la ladera puede originar en los valles suelos con cantidades inferiores de calcio de cambio. Sin embargo, lo que debe suceder es que un gran lavado, p-or el exceso de lluvias, conduce al valle el calcio de cambio de la ladera y que en aquél - al aumentar por las p-rácticas agrícolas su capacidad de retención de bases - queda retenido en tanto mayor grado cuanto mas aporte la ladera, empobreciéndose ésta.

T A B L A 65

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en calcio de cambio, en mg/100, de los suelos cultivados yel de cada uno de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	- 0,564'	-0, 541'	-0,493	-0,481	-0,623"
Valle	- 0,368"	- 0,348"	-0,282'	-0,230	-0,338"

'significativo para el 10%; " significativo para el 5%

Existe evidentemente influencia entre el contenido en calcio de cambio de los suelos naturales y el de los agrícolas de los valles.

Las ecuaciones de las rectas de regresión entre los

los horizontes de mayor coeficiente de correlación y

los suelos de valle son:

Unidad valle:

$$\text{Superficial: } Ca_{mg/100(\text{valle})} = 90,8 - 4,0 \times Ca_{lad.}$$

$$\text{Superior : } Ca_{mg/100(\text{valle})} = 87,3 - 4,1 \times Ca_{lad.}$$

$$\text{Media : } Ca_{mg/100(\text{valle})} = 87,1 - 4,0 \times Ca_{lad.}$$

(errores standard: 29,9; 30,1 y 30,1 respectivamente)

Unidad ladera:

$$\text{Superficial: } Ca_{mg/100(\text{valle})} = 83,5 - 4,1 \times Ca_{lad.}$$

$$\text{Superior : } Ca_{mg/100(\text{valle})} = 91,5 - 4,8 \times Ca_{lad.}$$

$$\text{Media : } Ca_{mg/100(\text{valle})} = 95,4 - 4,8 \times Ca_{lad.}$$

(errores standard: 23,2; 23,6 y 22,0 respectivamente)

Las rectas correspondientes se representan en la
fig. 30.

Es mayor el contenido en magnesio de cambio en los
suelos de valle que en los de ladera considerados. Los
primeros tienen un valor medio de 77,2 ppm. (tabla 42)
y los de ladera de 10,6 p-pm., con disminución a lo lar-

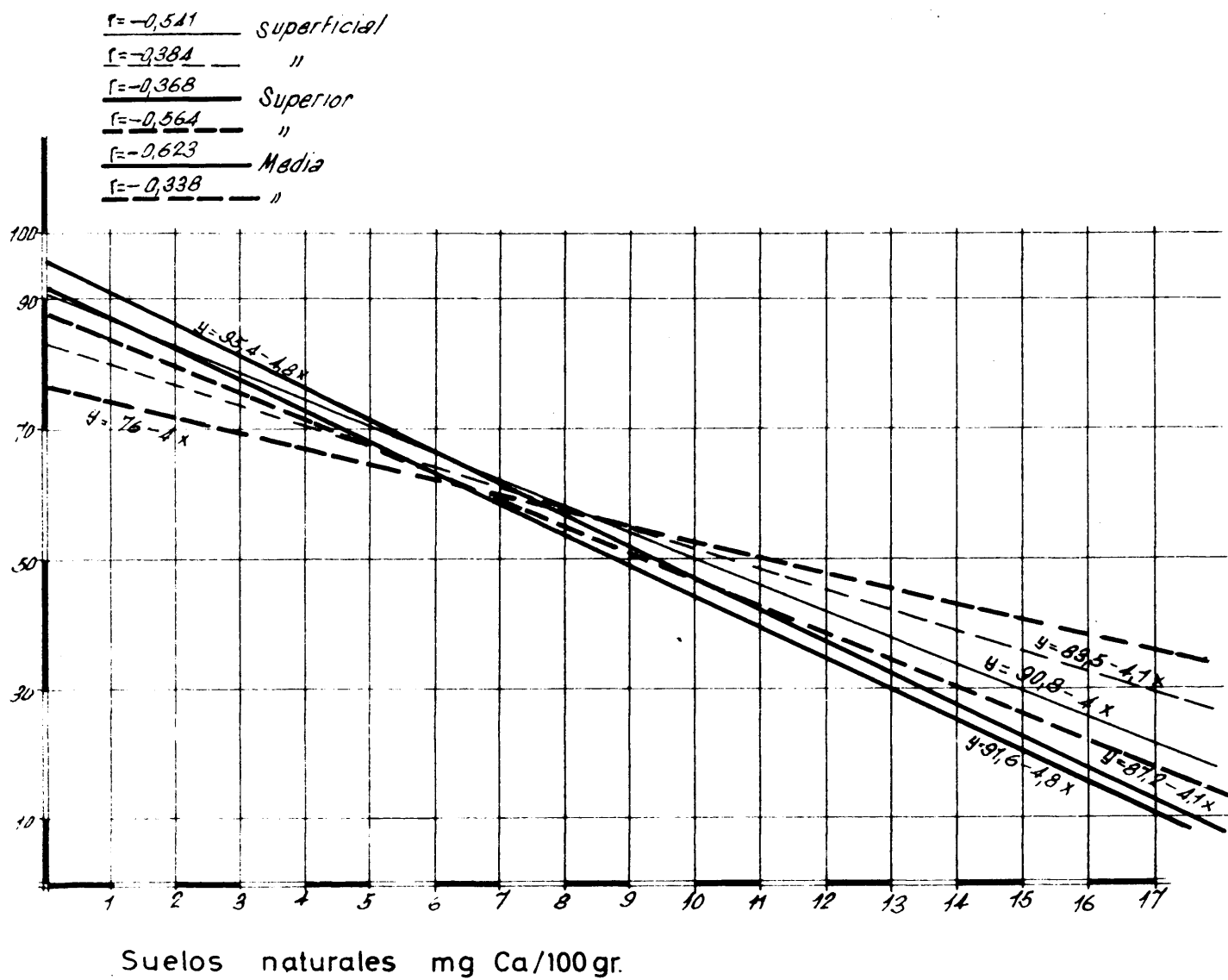


FIGURA 30.- Variaciones del contenido en calcio de los suelos cultivados de valle con relación al de la media y al de los horizontes superficial y superior de los naturales de ladera.

go del perfil (tabla 46). También en este caso las variabilidades, cuyos valores se dan en las mencionadas tablas, son grandes para ambos grupos de suelos; esto permite la posibilidad de cierta relación entre ellos. Calculados los coeficientes de correlación para cada una de las capas en que se han dividido los perfiles, se presentan en la tabla 66.

T A B L A 66

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en magnesio, en ppm., de los suelos cultivados y el de cada uno de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	- 0,112	0,084	0,899 [~]	0,591 [']	0,569 [']
Valle	- 0,074	0,056	0,455 [~]	0,415 ["]	0,381 ["]

[']significativo para 10%; ["] significativo para 5% ; [~]significativo para 2% ; [~]significación superior al 1%.

De los valores hallados parece deducirse que cuanto mayor sea el contenido en magnesio en el subsuelo de los suelos naturales mayor es la posibilidad de que los de labor contengan más cantidad. La media también tiene un

valor que permite señalar la influencia de las laderas sobre los suelos agrícolas a que vierten aquellas. Es notable el signo que aparece para \bar{x} cuando se estudia el horizonte superficial y aunque su significación es nula, creemos que señala que una mayor retención en éste -- el más rico, media: 22,1 ppm. (tabla 46) -- lleva consigo una menor cantidad lixiviada a los horizontes profundos y p-or último al valle.

Existe, pues, evidente influencia del contenido en magnesio de la ladera sobre la riqueza de los suelos agrícolas en este elemento.

Representamos en la fig. 31, las rectas de regresión correspondientes a los valores de mayor probabilidad significativa, cuyas ecuaciones son las siguientes:

Unidad valle:

$$\text{Medio } x : Mg_{p\text{-}pm.(\text{valle})} = 41,5 + 3,8 \times Mg_{\text{ladera}}$$

$$\text{Inferior : } Mg_{ppm(\text{valle})} = 41,2 + 4,0 \times Mg_{\text{ladera}}$$

$$\text{Media : } Mg_{p\text{-}pm.(\text{valle})} = 36,7 + 2,6 \times Mg_{\text{ladera}}$$

(errores standard: 42,5; 43,0 y 43,6 respectivamente)

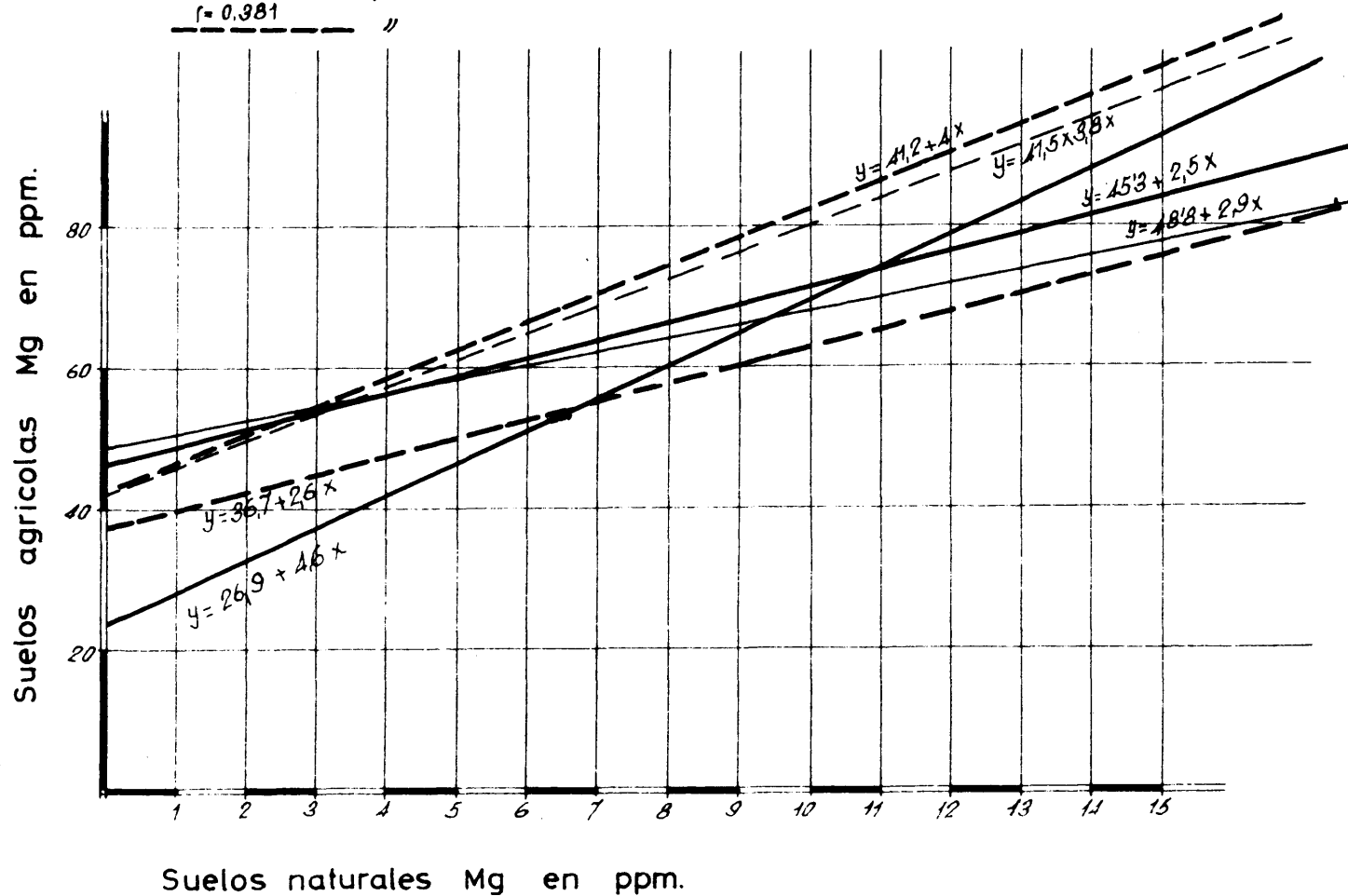
Unidad ladera:

$$\text{Medio : } Mg_{ppm.(\text{valle})} = 48,8 + 2,9 \times Mg_{\text{ladera}}$$

$$\text{Inferior : } Mg_{ppm(\text{valle})} = 45,3 + 2,5 \times Mg_{\text{ladera}}$$

CURVAS DE REGRESION PARA MAGNESIO

$r = 0,899$	Medio
$r = 0,435$	"
$r = 0,591$	Inferior
$r = 0,415$	"
$r = 0,569$	Media
$r = 0,981$	"



Media : $Mg_{p-pm(valle)} = 26,9 + 4,6 \times Mg_{ladera}$
 (errores standard: 15,7;18,1 y 18,4 resp.)

Si excep-tuamos el perfil I (tabla 50) vemos que el valor mínimo de los suelos agrícolas para el Mn de cambio es muy semejante al máximo para los suelos naturales (tabla 15). La media para los perfiles de ladera es de 1,5 p-pm. y para los cultivados de 14,7 ppm.. Habíamos observado que el mencionado perfil I alteraba profundamente la población, estadísticamente, originando unos coeficientes de variabilidad elevadísimos, (tabla 52) lo que puede frustrar las relaciones que buscamos, como así sucede. Demos en la tabla 67 los correspondientes coeficientes de correlación proporcionados por el cálculo.

T A B L A 67

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en manganeso de cambio, en ppm., de los suelos cultivados y el de cada uno de los horizontes de los de ladera

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	0,375	0,347	0,333	0,275	0,343
Valle	0,184	0,192	0,179	0,186	0,189

Todos los coeficientes son bajos, lo suficiente para no poder indicar una influencia segura de la ladera sobre el valle, pero a la vez lo suficientemente uniforme como para señalar cierta relación entre ellos. El signo positivo y esta constancia nos permite asegurar que a mayor contenido de manganeso de cambio en las laderas corresponden mayores valores de este micronutriente, en su forma asimilable, en el valle.

El contenido en hierro de la fracción que determinamos nos da una riqueza muy similar para la ladera y el valle, aunque para un margen o intervalo de valores pequeño, con gran variabilidad, como se puede ver en las tablas 52 y 55. Las posibles relaciones entre los horizontes de la ladera y el valle se han estudiado calculando

T A B L A 68

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en hierro de cambio, en ppm., de los suelos cultivados y el de cada uno de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	- 0,258	0,037	0,033	0,297	0,064
Valle	- 0,325'	-0,127	-0,055	0,262	-0,116

'significativo p-ara el 10%

los coeficientes de correlación entre los valores analíticos hallados para el Fe, los cuales forman la tabla 68.

Aparecen valores de r muy variados y de pequeña significación. El horizonte superficial, presenta signo negativo y la mayor probabilidad; esto puede suceder por una mayor retención en dicho horizonte debido a su acidez dentro del perfil y a su mayor contenido en materia orgánica. Si observamos la sucesión de los valores con la profundidad, vemos como va disminuyendo la significación hasta perder el sentido de la correlación - cambia el signo - y volver a subir en significación. Parece, por tanto, que ha-y influencia del contenido natural en Fe soluble sobre la riqueza en este micronutriente de los suelos cultivados.

Es evidente que las prácticas de cultivo reducen la solubilidad del aluminio del suelo, como se puede observar comparando las medias correspondientes a los de ladera - naturales - de 29,9 ppm. y la de los cultivados de 11,4 ppm. No solo existen grandes diferencias entre los últimos, puesto que los coeficientes de variabilidad de los horizontes son altos (tabla 59). En la tabla 69 se pueden ver los resultados del cálculo de r entre ambos grupos de suelos.

Valores de los coeficientes de correlación entre el contenido en aluminio soluble, en ppm., de los suelos cultivados y el de los horizontes de los de ladera.

Referencia	Superficial	Superior	Medio	Inferior	MEDIA
Ladera	- 0,099	-0,380	-0,329	-0,244	-0,339
Valle	- 0,169	-0,292	-0,137	-0,117	-0,247

Todos los valores de la tabla 69 son bajos y todos ellos negativos, debido indudablemente a las alteraciones que el cultivo introduce, que provoca por diversas causas ya señaladas, una disminución notable de este elemento químico en su forma soluble. La gran variabilidad de las muestras solo nos permite señalar esta tendencia a disminuir de los suelos naturales a los agrícolas y al parecer el horizonte que más se relaciona con los suelos cultivados, es el orgánico o superficial. Los valores correspondientes a la media indican probablemente que cuanto mayor sea el contenido natural de Al en los suelos, mayores deberán ser las modificaciones que se deben someter para hacerlos aptos para el cultivo.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Del estudio químico realizado de los suelos naturales y agrícolas gallegos se deducen las siguientes conclusiones:

1ª Como se preveía, dados los factores climáticos y geológicos de la zona, los suelos son ácidos con pH comprendido entre 4,50 y 6,80, teniendo los agrícolas valores más elevados debido a las prácticas de cultivo.

Los tratamientos racionales producen relativamente poco efecto sobre la disminución de la acidez en relación a los métodos habituales utilizados por los labradores.

Existe correlación entre los suelos naturales y los cultivados dados los coeficientes encontrados para la acidez de estos y la de los horizontes profundos de los de ladera, que son los de menor acidez.

2ª El horizonte orgánico de los suelos naturales, grueso y muy rico en carbono, es factor determinante del contenido en materia orgánica de los agrícolas, como se desprende de la correlación encontrada. Esta influencia se ve menguada por la destrucción de la materia orgánica que se produce por el cultivo.

3ª Los coeficientes de correlación entre el conte

nido en carbono y nitrógeno de los suelos agrícolas señalan el origen orgánico de la mayor parte de su nitrógeno. La razón C/N es superior a 10 y los residuos vegetales utilizados en los estiércoles tienden a aumentarla.

Los horizontes orgánicos de los suelos naturales contienen mucho nitrógeno, con una razón C/N elevada, que en los perfiles de desarrollo normal disminuye en las capas profundas.

4ª La cantidad de fósforo, en su fracción utilizable, es baja en los suelos agrícolas y guarda estrecha correlación con la acidez. El cultivo racional aumenta en gran manera la potencialidad de estos suelos para proporcionar fósforo apto para la nutrición vegetal; la mineralización de la materia orgánica libera fósforo.

Los suelos naturales son pobres en fósforo soluble y no existe relación entre el contenido en las laderas y en los suelos cultivados.

5ª El contenido de potasio utilizable en estos suelos agrícolas es de valor medio, debido al aporte positivo de los materiales originales y al efecto negativo del lixiviado. Las prácticas racionales de cultivo no producen alteraciones notorias en la fracción estudiada de este elemento.

Solamente el horizonte profundo de los suelos naturales parece tener relación con el contenido en potassio de los suelos de valle.

6^a Los suelos agrícolas son de bajo contenido en calcio de cambio por lo que las prácticas de cultivo producen grandes alteraciones en la cantidad disponible de este elemento. El pH influye en el contenido en calcio de estos suelos, como se desprende de los datos encontrados, siendo notables también la correlación positiva que existe entre los valores de este elemento y los del fósforo.

Existe correlación negativa entre los contenidos en calcio de los horizontes superficiales de los suelos de ladera y los agrícolas de valle, lo que señala una mayor retención de este elemento en el complejo de canbio de estos últimos.

7^a Las prácticas agrícolas racionales aumentan la razón calcio / magnesio, disminuyendo a la vez la correlación encontrada entre los contenidos en ambos nutrientes para los suelos de cultivo tradicional; es necesario, por tanto, utilizar en las correcciones compuestos que aporten magnesio.

Existe gran influencia de las condiciones naturales sobre el contenido en magnesio dada la gran correlación

encontrada entre los valores de los horizontes profundos de los suelos de ladera - los más pobres - y los de los cultivados de valle, confirmada por los coeficientes hallados para la media de los perfiles y dichos suelos.

8a El manganeso de cambio en los suelos de cultivo está íntimamente relacionado con su riqueza en fósforo y calcio y con el pH; las prácticas de cultivo utilizadas pueden rebajar excesivamente la cantidad de este micronutriente.

El contenido en manganeso de los suelos de ladera guarda cierta relación con el de los cultivados en forma tradicional.

9a No existe una relación clara para el contenido en hierro soluble en acetato amónico entre los suelos de ladera y los agrícolas.

10a La materia orgánica ejerce una gran influencia sobre la solubilización del aluminio, dado que la correlación encontrada entre los contenidos de ambos es muy alta, en los suelos agrícolas.

Es grande el efecto producido por las prácticas de cultivo racional sobre los valores en aluminio soluble y estos están relacionados con los de calcio y fósforo, como se deduce de los coeficientes de correlación hallados.

Los suelos naturales, sobre todo en su horizonte orgánico, contienen gran cantidad de aluminio en su complejo de cambio.

Las relaciones encontradas por nosotros entre suelos naturales de ladera y agrícolas de valle creemos que podrán ser de gran interés para los estudios de fertilidad si se confirman por posteriores investigaciones en otras zonas. Por otra parte, el estudio realizado de la evolución del contenido y estado de los elementos químicos motivado por cultivo adecuado, en especial para el magnesio, puede ser de gran interés para el desarrollo agrícola de la región.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Albarada, J.M. 1940. El suelo. S.A.E.T.A. Madrid.
- 2.- Albareda, J.M., Alvira, T. y Guerra, A. 1949. Contribución al estudio de las tierras pardas españolas. An. Edafol. Fisiol. veg. 8, 4: 421-522.
- 3.- Albareda, J.M. y Hoyos de Castro, A. 1955. Edafología. Edit. S.A.E.T.A. Madrid.
- 4.- Albareda, J.M. y Velasco de Pedro, F. 1961. Contribución al estudio de los suelos de la cordillera cantábrica. An. Edafol. Agrobiol. 20, 5: 223-264.
- 5.- Aldrich, D.G. y Buchanan, J.R. 1954. Phosphorus content of soils and their parent rocks in Southern California. Soil Sci. 77, 5: 369-376.
- 6.- Alvarez Limeses, G. 1936. Geografía general del reino de Galicia. Tomo IV: Pontevedra. Edit. Carreras y Candi. Barcelona.
- 7.- Ameijeiras, M., Dios, R. y Sánchez, B. 1961. Experiencias con fertilizantes en suelos gallegos III. (En prensa en An. Edafol. Agrobiol.)
- 8.- Anderson, M.A. y Browning, G.W. 1949. Some physical and chemical properties of six virgin and six cultivated Iowa soils. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. 14: 370-374.
- 9.- Anderson, M.S., Keyes, M.G. y Groman, G.W. 1942. Soluble material of soils in relation to their classification and general fertility. U.S. Depart. Agricul. Bull. 813: 1-79.
- 10.- Andrews, W.B. 1947. The response of crops and soils to fertilizers and manures. State College. Mississippi.
- 11.- Association of Official Agricultural Chemists. 1955. Methods of analysis. 8th edic. Washington D.C.

- 12.- Barbier, G. Lesaint, M y Tysszkiewicz, E. 1954. Recherches au moyen d'isotopes sur les phénomènes d'autodiffusion dans le sol et sur l'alimentation des p-lantes. Ann. agron., 5, 6: 923-961
- 13.- Bear, F.E. 1953. Soils and fertilizers, 4th ed. John Wiley & Son . London.
- 14.- Bear, F.E. 1957. Toxic elements in soils. Yearbook of Agriculture. Soil. U. S. Depart. Agric: 165-171.
- 15.- Bear, F.E. y Toth, St. 1948. Influence of calcium on availability of other soil cations. Soil Sci. 65, 1: 69 -74.
- 16.- Betremieux, R. 1951. Etude exp-érimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols. Ann. agron. 2, 3: 193-295
- 17.- Blair, A.W. y Prince, A.L. 1936. Some effects of long-continued manure, fertilizers, and lime treatment on the composition of cropped soils. New Jersey Sta. Bull. 604
- 18.- Blanchet, R., Périgaud, S., Chaumont, C., y Nadeau, J. C. 1960. Acidité d'échange et aluminium libre ou échangeable des sols. Ann. agron. 11, 6: 621-650.
- 19.- Blue, W.G. y Eno, Ch.F. 1956. Magnesium status of soils in the Suwanne Valley area of Florida. Soil Sci. 82, 1: 51-62.
- 20.- Boken, E. 1958. Investigations on the determination of the available manganese content of soils. Plant and Soil, 9, 3: 269-285.
- 21.- Bray, R.H. 1948. Correlation of soils tests with crop response to added fertilizers and with fertilizers requirement. Diagnostic techniques for soils and crops. Edit. H.B. Kitchen. The American Potash Institute. Washington D. C.

- 22.- Bremner, J.M. 1951. A review of recent work on soil organic matter. J. Soil Sci. 2, 1: 67-82.
- 23.- Bremner, J.M. y Shaw, K. 1954. Studies on the estimation and decomposition of amino sugars in soils. J. agric. Sci. 44, 2: 152-159.
- 24.- Broadbent, F.E. 1953. The soil organic fraction. Advanc. Agron. 5: 153-183.
- 25.- Broadbent, F.E. 1955. Basic problems in organic matter transformations. Soil Sci. 79, 2: 107-114.
- 26.- Burriel, F., Guerra, A. y Fábregas, R. 1950. Determinación volumétrica de la materia orgánica en suelos de cultivo. An. Edafol. Fisiol. veg. 9, 3: 339.
- 27.- Burriel, F. y Hernando, V. El fósforo en los suelos españoles: V. An. Edafol. Fisiol. veg. 9, 6: 611.
- 28.- Carlé, W. 1949. Las rías gallegas. Trad. J. Gómez de Llarena. Estud. geográf. 10, 35: 323-330.
- 29.- Coleman, N.T., Thorup, J.T. y Jackson, W.A. 1960. Phosphate-sorption reactions that involve exchangeable Al. Soil Sci. 90, 1: 1-7.
- 30.- Cooper, H.P. 1945. Certain factors affecting the availability, absorption, and utilization of magnesium in plants. Soil Sci. 60, 2: 107-114.
- 31.- Coppenet, M. y Hélias, L. 1958. Les sols de la région de Gourin (Morbihan). Ann. agron. 9, 2: 217-246.
- 32.- Cummming, R.W., Peech, M. y Hawkins, A. 1945. Nutrient status of soils in commercial potato producing areas of the Atlantic and Gulf Coast. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 10,: 240-256.
- 33.- Chaminade, R. 1952. Contribution à l'étude de la fixation par le sol de l'anion phosphorique. Ann. agron., 3, 2: 171-184.

- 34.-- Christensen, P.D., Toth, S.J. y Bear, P.E. 1950.
Stat-us of soil manganese as influenced by moisture, organic matter and pH. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 15: 279-282.
- 35.-- Dean, L.A. 1949. Fixation of soils phosphorus. Advan. Agron. 1 : 391-412.
- 36.-- Demolon, A. 1960. Dynamique du sol. 5^e ed. Dunod. Paris.
- 37.-- De Fina, A.L. 1950. Sistema práctico para dividir los países en distritos agroclimáticos. Buenos Aires.
- 38.-- Departamento de Fertilidad del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal. Map a de fertilidad de los Partidos Judiciales de Pontevedra y Puente Caldelas. Diputación Provincial de Pontevedra (sin publicar).
- 39.-- Diest, van A. y Black, C.A. 1959. Soil organic phosphorus and plant growth: I. Soil Sci. 87, 2: 100.
- 40.-- Dios, R. y Ameijeiras, M. 1956. Técnica rápida de de terminación de nitrógeno en suelos. Comunicación part.
- 41.-- Dios, R y Broyer, T.C. 1962. Efecto de niveles altos de magnesio en la absorción del aluminio y en el crecimiento del maíz en soluciones de cultivo. An. Edafol. Agrobiol. 21, 1: 13-30.
- 42.-- Dios, R., Dios, G. y Sánchez, B. 1961. Control químico del magnesio y del manganeso: I. (En prensa en An. Edafol. Agrobiol.)
- 43.-- Dios, R. Sánchez, B. y Ameijeiras, M. 1954. Experiencias con fertilizantes en suelos gallegos: I. An. Edafol. Fisiol. veg. 13, 12: 865-892.
- 44.-- Dos Santos, A.F., Eid, M.T., Diest, van A. y Black, C.A. 1960. Evaluation of biological index of soil phosphorus availability. Soil Sci. 89, 3: 137.

- 45.-- Douchaufour, Ph. 1960. Précis de Pédologie. Masson & Cie. París.
- 46.-- Gallego, R. y Bueno, G. 1959. Contenido y distribución de man-ganoso en suelos del centro y norte de España. An Edafol. Fisiol. veg. 18, 5: 347.
- 47.-- García Vicente, J. 1949. La determinación del pH en los suelos. An. Edafol. Fisiol. veg. 8, 5: 583.
- 48.-- González García, F. y Mazuelos Weal, C. 1960. Geoquímica y formas y ciclo del manganeso en suelos calizos: I. An. Edafol. Agrobiol. 19, 11: 591.
- 49.-- Greenwood, D.S. y Lees, H. 1960. Studies on the decomposition of amino acids in soils: II. Plant and Soil, 12, 1: 69-80.
- 50.-- Greweling, F. y Peech, M. 1960. Chemical soil tests. Cornell Univer. Agr. Exp. St. Bull. 960.
- 51.-- Grimes, D.L., Haas, H.J. y Shin, S.H. 1955. Effect of long-time dryland cropping on available phosphorus of Cheyenne fine sandy loam. Soil Sci. 80, 2: 127-138.
- 52.-- Guitián Ojea, F. y Muñoz Taboadeña, M. 1957. El encalado de los suelos de la zona húmeda. An Edafol. Fisiol. veg. 16, 11: 1017-1098.
- 53.-- Guitián Ojea, F. y Muñoz Taboadela, M. 1960. Efectos del encalado en los suelos ácidos. An. Edafol. Agrobiol. 19, 5: 261-270.
- 54.-- Gutierrez Rios, E. 1944. Procesos de erosión y tipos de suelos en el Pirineo español. An Inst. Edafol. Fisiol. veg. 3, 2: 250-287.
- 55.-- Hall, A.D., Robinson, G.W. 1948. Estudio científico del suelo. Trad. J. García Vicente. Edit. Aguilar. Madrid.

- 56.-- Hanway, J.J. y Scott, A.D. 1956. Ammonium fixation release in certain Iowa soils. Soil Sci. 82, 5: 379-386.
- 57.-- Harding, R.B., 1955. Organic matter and total nitrogen in southern California orange orchard and adjacent virgin soils. Soil Sci. 79, 4: 277-282.
- 58.-- Harradine, P. y Jenny, H. 1958. Influence of parent material and climate on texture and nitrogen and carbon content of virgin California soils, I Soil Sci. 85, 5: 235-243.
- 59.-- Hemstock, G.A. y Low, P.W. 1953. Mechanisms responsible for retention of manganese in the colloidal fraction of soil. Soil Sci. 76, 5: 331-344.
- 60.-- Hanin, S. y Dupuis, J. 1945. Essai de bilan de la matière organique du sol. Ann. agron. 1: 17-29.
- 61.-- Hernandez Robredo, L. 1952. Meteorología física y climatología. Edit. Salvat. Barcelona.
- 62.-- Hernando, V. y Losada, M. 1954. Estudio de las formas de fósforo presentes en una serie de suelos. An. Edafol. Fisiol. veg. 13, 6: 432-450.
- 63.-- Hernando, V. y Sánchez-Conde, P. 1954. Estudio del pH en suelos de distintas características. An. Edafol. Fisiol. veg. 13, 11: 737-766.
- 64.-- Hoagland, D.R., y Martin, J.C. 1933. Absorption of p-potassium by plants in relation to replaceable, nonreplaceable and soil solution potassium. Soil Sci. 36, 1: 1-34.
- 65.-- Hovland, D. y Galwell, A.C. 1960. Potassium and magnesium relationships in soils and plants. Soil Sci. 89, 2: 92-96.

- 66.- Hoyos de Castro, A. y Ahumada, M. 1949. Procesos de erosión y formación de suelos en Sierra Elvira (Granada). An. Edafol. Fisiol. veg. 8, 2: 157.
- 67.- Hoyos, A. y Rodríguez-Prada, M. 1961. Estudio de la correlación N - materia orgánica en suelos de vega y en terrenos de olivar. An. Edafol. Agrobiol. 20, 6: 319-328.
- 68.- Hsu, P.H., y Jackson, M.L. 1960. Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH. Soil Sci. 90, 1: 16-24.
- 69.- Ignatieff, V. 1941. Determination and behavior of ferrous iron in soils. Soil Sci. 51, 3: 249-263.
- 70.- Jackman, R.H. 1955. Organic phosphorus in New Zealand soil under pasture: II. Soil Sci. 79, 4: 277.
- 71.- Jackson, M.L. 1960. Soil chemical analysis. Prentice Hall, New Jersey.
- 72.- Jaworsky, G.A. y Brabem, S.A. 1959. Soil properties in relation to potassium uptake by alfalfa. Soil Sci. 87, 1: 37-44.
- 73.- Jenny, H. 1933. Soil fertility losses under Mississippi conditions. Miss. Agr. Exp. Sta. Bull. 324.
- 74.- Jenny, H. 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill Book Co. New York.
- 75.- Joffe, J.S. 1949. Pedology. Pedology Public. New Brunswick. New Jersey.
- 76.- Jones, J.P. 1929. The deficiency of magnesium the cause of chlorosis in corn. Jour. Agric. Research 39, 11: 873-892.
- 77.- Karim, A., Hussain, M. y Choudhury, S. 1960. Studies on the manganese content and its distribution in some east Pakistan soils. Soil Sci. 90, 2: 129.
- 78.- Karim, A. y Khan, D.H. 1955. Relation between pH and different forms of phosphorus in some soils of east Pakistan. Soil Sci. 80, 3: 229-234.

- 79.-- Karim, A y Khan, D.H. 1956. Vertical distribution of nitrogen, phosphorus, and potassium in some soils of east Pakistan. Soil Sci. 81, 1: 47-56.
- 80.-- Karim, A. y Malek, M.A. 1957. Potassium fixation in east Pakistan soils under different conditions. Soil Sci. 83, 3: 229-238.
- 81.-- Kojima, R.T. 1947. Soil organic nitrogen: I. Soil Sci. 64, 2: 157-165.
- 82.-- Kubiena, W.L. 1952. Claves sistematáticas de suelos. Trad. A. Hoyos. C.S.I.C. Madrid.
- 83.-- Lawton, K. 1955. Chemical composition of soil. Chemistry of soil. Edit. F.E. Bear. Reinhold Pu. Co.
- 84.-- Leaf, A.L. 1959. Release of potassium from feldspathic rock and minerals. Soil Sci. 87, 1: 11-12.
- 85.-- Leeper, G.W. 1947. The forms and reactions of manganese in the soil. Soil Sci. 63, 1: 79-94.
- 86.-- Lossaint, P. 1959. Etude expérimentales de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières. Ann. agron. 10, 5: 493-542.
- 87.-- Mason, A.C. 1950 The estimation of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese and nitrogen in plant material. Comunicación particular.
- 88.-- McCollum, R.E. y McCaleb, S.B. 1954. Chemical properties of some Coastal Plain soils of North Carolina. Soil Sci. 78, 6: 435-444.
- 89.-- McKibbin, R.R. y Gray, P.H.H. 1932. Chemical properties of mineral soils of Quebec. Can. J. Research. 10, 7: 300-327.
- 90.-- Morgan, M.F. 1935. The universal soil testing system. Connecticut Agric. Exp. St. 372: 453-483.
- 91.-- Mortland, M.M. 1961. The dynamic character of potassium release and fixation. Soil Sci. 91, 1: 11-13.

- 92.- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. y Dean, L.A.
1954. Estimation of available phosphorus in soils
by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Depart.
Agric. C. 939.
- 93.- Pearson, R.W. 1952. Potassium-supplying power of eight
Alabama soils. Soil Sci. 74, 4: 301-310. .
- 94.- Peech, M. 1948. Chemical methods for assessing soil
fertility. Diagnostic techniques for soils and crops.
Edit. H.B. Kitchen. The American Potash Institute.
Washington D. C.
- 95.- Peech, M. y English, L. 1944. Rapid microchemical soil
tests. Soil Sci. 57, 2: 167-195.
- 96.- Pierre, W.H., Pohlman, G.G. y Mollvaine, T.O. 1932.
Soluble aluminium studies: I. Soil Sci. 34, 2: 145.
- 97.- Piper, C.S.- 1947. Soil and plant analysis. Interscience
Publish. New York.
- 98.- Pochon, J. y Barjac, H. de, 1958. Traité de microbiologie
des sols. Dunod. Paris.
- 99.- Putnam, H. D. y Schmitdt, E.L. 1959. Studies on the
free amino acid fraction of soils. Soil Sci. 87,
1: 22-27.
- 100.- Reitemeier, R.F. 1951. The chemistry of soil potassium.
Advanc. Agron. 3: 113-159.
- 101.- Reitemeier, R.F. 1957. Soil potassium and fertility.
Yearbook of Agriculture. Soil. pp: 101-106. U.S.
Depart. Agric. Washington D.C.
- 102.- Reuther, W. 1941. Effect of certain orchard practices
on the potassium status of a New York fruit soil.
Soil Sci. 52, 2: 155-165.
- 103.- Robichet, O. 1957. Recherches sur les oxydes de fer
et de manganèse dans les sols. Ann. agron. 8, 4:
511-572.

- 104.-- Rogers, L.H., Gall, O.E., Gaddum, L.W. y Barnette, R.M. 1939. Distribution of macro and micro elements in some soils of peninsular Florida. Flor. Exp. St. Bull. 341.
- 105.-- Russell, E.J. y Russell, E.W. 1954. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Trad. G. Gonzalez. Edit. Aguilar. Madrid.
- 106.-- Sánchez, B., Dios, R. y Ameijeiras, M. 1955. Experiencias con fertilizantes en suelos gallegos: II. An. Edafol. Fisiol. veg. 14, 3: 137-160.
- 107.-- Sandell, E.B. 1947. Colorimetric determination of traces of metals. Intersc. Publ. Inc. New York.
- 108.-- Schollemberger, G.J. 1945. Determination of soil organic matter. Soil Sci. 59, 1: 53-56.
- 109.-- Soultz, G. 1835.- Descripción geognóstica del reino de Galicia. Imp. Háros. de Collado. Madrid.
- 110.-- Sección de Edafología del Centro de Edafología y Biología aplicada de Santiago. 1957. Estudio de fertilidad del Partido Judicial de Caldas de Reyes. Diputación Provincial de Pontevedra. (sin publicar).
- 111.-- Sección de Química Agrícola de la Misión Biológica de Galicia. 1957. Estudio de fertilidad del Partido Judicial de Cambados. Diputación Provincial de Pontevedra (sin publicar).
- 112.-- Shapiro, R.E. 1958. Effect of organic matter and flooding on availability of soil and synthetic phosphates. Soil Sci. 85, 5: 267-272.
- 113.-- Smith, R.M., Thompson, D.O., Collier, J.W. y Hewey, R.J. 1954. Soil organic matter, crop yields, and land use in the Texas Blackland. Soil Sci. 77, 5: 377-388.
- 114.-- Snedecor, G.W. 1948. Métodos de estadística. ACME. Agency. Buenos Aires.